

Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2010

Erkki Rantanen (toim.)

Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2010

Erkki Rantanen (toim.)

Tämän raportin laadintaan ovat osallistuneet

Siiri-Maria Aallos-Ståhl

Riina Alén

Ritva Bly

Kari Jokela

Ilkka Jokelainen

Hannu Järvinen

Markus Kangasniemi

Helinä Korpela

Maaret Lehtinen

Jyri Lehto

Eero Oksanen

Petri Sipilä

Petra Tenkanen-Rautakoski

Eija Venelampi

Reijo Visuri

ISBN 978-952-478-618-8 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2011

ISBN 978-952-478-619-5 (pdf)

ISSN 0781-1713

RANTANEN Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2010. STUK-B 131. Helsinki 2011. 35 s. + liitteet 14 s.

Avainsanat: säteilyn käyttö, säteilytoiminta, turvallisuuslupa, luvasta vapautettu toiminta, säteilyn käytön tarkastukset, säteilylähteet, radioaktiiviset aineet, radioaktiiviset jätteet, työntekijöiden säteilyannokset, luonnonsäteily, ionisoimaton säteily, mittanormaalit, säännöstötyö, tutkimus, kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö, viestintä, palvelut, poikkeavat tapahtumat

Tiivistelmä

Vuoden 2010 lopussa säteilyn käyttöä varten oli voimassa 1 760 turvallisuuslupaa. Luvasta vapautettua, mutta ilmoitusvelvollisuuden alaista hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 789 toiminnan harjoittajaa. Säteilyn käyttöä valvottiin käyttöpaikkoihin tehdyillä säännöllisillä tarkastuksilla, hammasröntgentoimipaikkoihin postitse lähetetyillä testipaketeilla ja annosrekisterin ylläpidolla. Lisäksi julkaistiin säteilyturvallisuusohjeita ja tehtiin valvontaa tukevaa tutkimusta.

Vuonna 2010 STUK teki 384 turvallisuuslupan alaisen toiminnan tarkastusta. Korjausmääräyksiä ja -suosituksia annettiin tarkastuksissa 447 kappaletta.

Annostarkkailussa oli vuonna 2010 yhteensä lähes 12 100 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin vajaat 160 000 kappaletta.

Luonnonsäteilyn valvonnassa keskityttiin työpaikkojen radonin valvontaan ja avaruussäteilystä lentohenkilöstölle aiheutuvan altistuksen valvontaan. Vuoden 2010 aikana radonvalvonnassa oli 140 työpaikkaa ja niissä yhteensä 348 työpistettä. Avaruussäteilystä aiheutuvan säteilyaltistuksen seurannassa oli yhteensä 3 428 ohjaamo- ja matkustamohenkilöstön jäsentä.

Ionisoivan säteilyn tutkimuksessa osallistuttiin kolmeen laajempaan tutkimushankkeeseen. IAEA-tutkimusprojektissa testattiin diagnostiikan dosimetriaohjeistoa. Eurooppalaiseen metrologian tutkimusohjelmaan liittyen tutkittiin ulkoisen ja sisäisen sädehoidon annosmittausmenetelmien tarkkuutta ja luotettavuutta moderneissa sädehoitotekniikoissa.

Mittanormaalityöinnässä sädehoidon kiihdytinten elektronisäteilykeilojen annosmittareiden kalibroitimenetelmää muutettiin siten, että sairaaloissa tehtävistä mittarikalibroinneista siirryttiin laboratoriossa tehtäviin kalibrointeihin. Lisäksi säteilytyslaitteita uudistettiin. Kalibroitipalvelut jatkuivat edellisten vuosien tapaan.

Vuonna 2010 ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta kohdistui erityisesti solariumeihin, lasereihin ja matkapuhelimiin. Solariumien käyttöpaikkoja tarkastettiin 16 kpl ja showlasertarkastuksia tehtiin käyttöpaikoilla 8 kpl. Langattomien päätelaitteiden markkina-
valvonnassa testattiin 10 matkapuhelinta.

Vuonna 2010 sattui 32 säteilyn käyttöön liittyvää poikkeavaa tapahtumaa. Tapahtumista 22 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa, 9 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa ja yksi ionisoimattoman säteilyn käyttöä. Tapahtumista mikään ei johtanut vakaviin seurauksiin.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
JOHTAJIEN ESIPUHE	6
1 YLEISTÄ	9
1.1 Tärkeimmät tunnusluvut	9
2 IONISOIVAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	11
2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa	11
2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa	13
2.3 Turvallisuuslupan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset	14
2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset	14
2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti	14
2.6 Työntekijöiden säteilyannokset	14
2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyyksien toteaminen	15
2.8 Radioaktiiviset jätteet	15
2.9 Poikkeavat tapahtumat	15
3 LUONNONSÄTEILYLLE ALTISTAVAN TOIMINNAN VALVONTA	22
3.1 Radon työpaikoilla	22
3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily	22
3.3 Avaruussäteily	23
4 IONISOIMATTOMAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	25
4.1 Yleistä	25
4.2 Optinen säteily	25
4.3 Sähkömagneettiset kentät	26
4.4 Poikkeavat tapahtumat	26
5 SÄÄNNÖSTÖTYÖ	27
6 TUTKIMUS	28
6.1 Ionisoiva säteily	28
6.2 Ionisoimaton säteily	28
7 KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ	30
8 KOTIMAINEN YHTEISTYÖ	31
9 VIESTINTÄ	32
10 MITTANORMAALITOIMINTA	33
10.1 Yleistä	33
10.2 Ionisoiva säteily	33
10.3 Ionisoimaton säteily	33

11	PALVELUT	35
11.1	Ionisoiva säteily	35
11.2	Ionisoimaton säteily	35
LIITE 1	TAULUKOT	36
LIITE 2	JULKAISUT VUONNA 2010	45
LIITE 3	ST-OHJEET	49

Johtajien esipuhe

Eero Kettunen
Johtaja
Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO)

Kari Jokela
Laboratorionjohtaja
Ionisoimattoman säteilyn yksikkö (NIR)

Säteilyturvakeskuksen (STUK) Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) toimii ionisoivan säteilyn valvontaviranomaisena, tekee säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvää tutkimusta ja ylläpitää ionisoivan säteilyn mittanormaaleja. Valvontaan kuuluvat turvallisuuslupa-, hyväksyntä- ja rekisteröintimenettelyt, säteilyn käyttöpaikoille tehtävät tarkastukset ja työntekijöiden säteilyannosvalvonta. Tutkimuskohteita ovat erityisesti runsaasti säteilyaltistusta aiheuttavat menetelmät kuten tietokonetomografiatutkimukset ja toimenpideradiologia. Mittanormaalityöinnillä varmistetaan säteilymittausten tarkkuus ja jäljitettävyyden kansainvälisiin mittanormaaleihin. Mittanormaalityöintään liittyy myös Suomessa käytettävien säteilymittareiden kalibroinnit, joilla varmistetaan, että Suomessa tehtävät säteilymittaukset ovat luotettavia.

Ionisoivan säteilyn käytöstä aiheutunut yhteenlaskettu säteilyannos työntekijöille säilyi tasolla, jolle se oli laskenut edellisenä vuonna aiempien vuosien korkeammalta tasolta. Myönteinen kehitys kertoo säteilysuojelun painottamisesta niin toiminnan suunnittelussa kuin myös käytännön työssä.

Säteilytyöntekijöiden henkilökohtaiset annokset pysyivät asetettujen rajojen alapuolella lukuun ottamatta yhtä poikkeavaa tapahtumaa, jossa teollisuudessa radiografisia tarkastuksia tekevä henkilö sai varotoimien laiminlyönnin seurauksena jonkin verran vuosiannosrajaa suuremman annoksen.

Työperäiselle altistumiselle suuri annosseurannassa oleva ryhmä on lentohenkilöstö, jonka yhteenlaskettu säteilyannos oli noin kaksinkertainen verrattuna kaikkien varsinaista säteilytyötä tekevien henkilöiden yhteenlaskettuun säteilyannokseen. Lentohenkilöstön yhteenlaskettu annos palautui vuoden 2008 tasolle.

Merkittävä askel säteilytyöntekijöiden annosvalvonnassa oli Suomessa kehitetylle uutta teknologiaa edustavalle annosmittarille annettu hyväksyminen.

Säteilyn käyttö on ollut toimintavuotena määrältään samalla tasolla kuin edellisenä vuotena. STUKin valvonnassa on havaittu kiireellisten hakemusten lisääntyminen. Tarkastuksissa ja valvontakyselyjen tuloksena on löydetty luvattomia laitteita aiempaa runsaammin. Tämä on mahdollisesti merkki huonontuneesta turvallisuuskulttuurista, johon tulee puuttua käyttöpaikoilla aiempaa tehokkaammin.

Poikkeavia tapahtumia on ionisoivan säteilyn käytössä raportoitu toimintavuoden aikana 31 kappaletta, lisäystä edelliseen vuoteen on kaksi kappaletta. STUK on kannustanut toiminnanharjoittajia edelleenkin ilmoittamaan rohkeasti kaikki merkittävät tapahtumat ja tekemään tarvittavat korjaukset toimintaan, jotta poikkeavat tapahtumat vastedes vältettäisiin. Poikkeavia tapahtumia käsitellään STUKin järjestämällä koulutus- ja neuvottelupäivillä. Yhdessä poikkeavassa tapahtumassa työntekijän saama säteilyaltistus 55,7 mSv ylitti vuosiannosrajan. Tapahtuma luokiteltiin kansainvälisellä 7-portaisella INES- asteikolla (International Nuclear Event Scale) luokkaan 2.

Kierrätysmetallia hyödyntävän teollisuuden kanssa on tehty yhteistyötä, jotta kierrätyksessä olevat säteilylähteet saataisiin eliminoidua ja varauduttaisiin hyvin mahdollisiin vaaratilanteisiin. Asianomaisten yritysten kanssa järjestettiin yhteinen kokous ja yhden toimijan kanssa järjestettiin valmiusharjoitus. Alan toimijat ovat esittäneet toiveen, että virinnyttä yhteistyötä jatketaan.

Sädehoidossa kiihdyttimien määrä Suomessa lisääntyi yhdellä. Uusissa hoitotekniikoissa haasteena on potilasannoksen varmistaminen. STUK on tehnyt annoksen varmistamiseen liittyvää tutkimustyötä eurooppalaisessa EMRP-projektissa. Tutkimustyön tuloksia sovelletaan käytännön kenttätöissä.

Suurin ihmisen aiheuttama säteilyaltistus on peräisin edelleenkin säteilyn käytöstä terveydenhuollossa ja on Suomessa luokkaa 0,48 mSv vuodessa. Diagnostiikassa yleistynyt röntgensäteillä tehtävä tietokonetomografia aiheuttaa riskin potilasannosten lisääntymisestä. Vuoden 2008 tutkimusmäärätilastojen mukaan tietokonetomografiatutkimusten määrä on kasvanut vuoden 2005 tasosta 23 %. Tietokonetomografiatutkimusten lukumääräinen osuus on Suomessa kaikista tutkimuksista 8,3 %, mutta niistä aiheutuvan altistuksen osuus kollektiivisesta väestöannoksesta on 58 %. Kehityskulku on samansuuntainen kaikissa Euroopan maissa. Euroopan säteilysuojeluviranomaiset ovat käynnistäneet vuoden 2010 aikana myös tietokonetomografialaitevalmistajien kanssa keskustelut ja toimet säteilyannosten kasvun rajoittamiseksi.

Hammasröntgenkuvauksessa koko ajan yleistynyt kartiokeilatietokonetomografialaite (hammas-KKTT-laite) on tuonut mukanaan uusia haasteita hammasröntgentoiminnan valvonnassa. Hammas-KKTT-laitteiden käyttö on vaativampaa kuin perinteisten hammasröntgenlaitteiden ja ne on luokiteltu turvallisuuslupaa edellyttäväksi laitteiksi. Tämä aiheuttaa merkittävän muutoksen toimintaympäristössä ja edellyttää mm. kuvien ottajalta erityistä ammattitaitoa ja -osaamista. Hammas-KKTT-laitteiden käytöstä vastaavien ja laitteita käyttävien henkilöiden pätevyysvaatimuksista on STUK keskustellut sosiaali- ja terveysministeriön johdolla.

Valvonnan vaikuttavuuden parantamiseksi siirryttiin säteilyn käyttöpaikoille tehtävissä tarkastuksissa ja turvallisuuslupien käsittelyssä riskipohjaiseen toimintaan, jossa resursseja keskitetään riskien mukaan priorisoituihin kohteisiin.

Säteilymittausten tarkkuuden ja luotettavuuden ylläpitämiseksi STUKin Dosimetrilaboratorioon hankittiin uusi ⁶⁰Co-laite. Tämä oli jatkeena edellisten vuosien aikana aloitetulle säteilylähteiden uusinnalle. Uusilla laitteistoilla varmennetaan edellytykset sille, että sädehoitolaitteiden ja säteilyannosmittareiden tarkkuus voidaan varmistaa.

Ionisoivan säteilyn valvonnan henkilöstössä on tapahtunut ja tapahtumassa vaihdoksia mm. asiantuntijoiden jäädessä eläkkeelle. Uusien asiantuntijoiden kouluttamiseen kuuluu työssä oppiminen ja kokeneemmat asiantuntijat ovat osallistuneet koulutustyöhön oman valvontatyönsä ohessa.

Ionisoimattoman säteilyn yksikkö (NIR-yksikkö) toimii ionisoimattoman säteilyn valvontaviranomaisena sekä muita viranomaisia avustavana asiantuntijana. Ionisoimattoman säteilyn valvontakohteina ovat olleet erityisesti solariumit, laserit ja matkapuhelimet. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat viime vuosina olleet dosimetria matkapuhelintutkimuksissa ja liikeinduktiokentät staattisessa magneettikentässä. Sähkömagneettisten kenttien ja optisen säteilyn turvallisuutta koskevaan viestintään on viime vuosina panostettu huomattavasti.

Tieto solariumien karsinogeenisuudesta on viime vuosina oleellisesti lisääntynyt ja sen johdosta kansainvälinen syöpätutkimusjärjestö (IARC) on luokitellut solariumit ykkösluokkaan syöpäriskin suhteen. Toisaalta on lisääntyviä viitteitä siitä, että solariumrusketus on jostain syystä maailmalla muodostunut trendikkääksi erityisesti nuorten tyttöjen mielissä. Tätä kehitystä on edesauttanut se, että markkinoille on ilmaantunut itsepalvelusolariumeja, joihin kuka tahansa voi kävellä ilman valvontaa. STUK puuttui tähän huolestuttavaan kehitykseen laatimalla sosiaali- ja terveysministeriölle säteilylain muutosesityksen, jossa solariumit kielletään alle 18-vuotiailta nuorilta ja iän tarkistaa käyttöpaikalla oleva valvoja.

NIR-yksikkö jatkoi osoitinlasereiden valvontaa yhteistyössä Tullin kanssa. Valvonta on ollut menestyksestä. Tullin kautta ei enää pääse Suomeen lasernimikkeen alla kulkevia silmille vaarallisia laitteita, joita aiemmin kuka tahansa on voinut suhteellisen halpaan hintaan tilata internetin kautta. Suurimmat Tullin haaviin jääneiden lasereiden tehot olivat noin 200 mW. Jos tällaisella sohi silmään lähietäisyydeltä, voi seurauksena olla pahimmillaan tarkan näön alueen tuhoutuminen silmän verkkokalvolla.

Sähkömagneettisten kenttien puolella valvontatoiminnan painopiste oli matkapuhelimien ja uuden teknologian tuottamien sähkömagneettisten kenttien valvonnassa. Suurin mitattu matkapuhelimen SAR-arvo oli 0,94 W/kg, joka ei ylittänyt sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksen (294/2002) enimmäisarvoa. Langattoman laturin aiheuttama magneettikenttä mitattiin ja todettiin selvästi pienemmäksi kuin STM:n asetuksella asetettu enimmäisarvo.

NIR-yksikön tutkimus painottui sähkömagneettisten kenttien dosimetriaan. Turun yliopiston ja Työterveyslaitoksen kännykkäsäteilytutkimuksissa tarvittavat dosimetriset analyysit saatiin menestyksellisesti loppuun. Ilman korkeatasoista dosimetriaa ei biosähkömagneetiikan tutkimuksilla ole pääsyä korkeatasoisiin tieteellisiin julkaisusarjoihin. Metrologisessa EMRP-projektissa vertailtiin STUKin ja NPL:n (National Physical Laboratory, Iso-Britannia) laitteistoilla saatuja SAR-mittapäiden kalibrointituloksia taajuuksilla 30, 150, 300, 380 ja 450 MHz sekä raajavirtamittauksiin tarkoitettujen mittareiden kalibrointituloksia taajuuksilla 10–110 MHz. Tällaisia vertailuja ei ole aiemmin missään suoritettu. Kalibrointien yhteensopivuus oli yleisesti hyvä.

Biologisten tutkimusten SAR-dosimetriasta valmistui väitöskirja.

Magneettikuvauslaitteiden staattisessa magneettikentässä liikkuminen indusoi voimakkaita sähkökenttiä ihmisen päässä. Health Physics -lehteen hyväksyttiin artikkeli näiden liikeinduktiokenttien rajoittamisperiaatteiksi. Työ liittyy Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn toimikunnan (ICNIRP) toimintaan.

Vuoden aikana NIR -yksikköön tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta. Säteilyasiantuntijoihin kohdistuvaa asiakaskyselykuormaa saatiin vähenemään kehittämällä nettisivuja erityisesti usein kysytyjen kysymysten osalta ja siirtämällä osa palvelusta STUKin tiedottajille.

Toimintavuoden aikana pohdittiin useissa eri kehitystilaisuuksissa NIR-yksikön tarkoitusta, perustehtäviä, tulevaisuudennäkymiä ja strategiaa. Optisen säteilyn puolella lasereiden ja solariumien säteilyturvallisuuden valvonta asettaa suuren säteilyturvallisuushaasteen. Sähkömagneettisten kenttien puolella taas haasteena on tuottaa ja viestiä yhteiskunnalle vankkaa asiantuntijatietoa, kun monia kansalaisia huolestuttavia uusia teknologioita otetaan käyttöön.

1 Yleistä

Säteilyn käytöllä tarkoitetaan säteilylaitteiden ja radioaktiivisten aineiden käyttöä, valmistusta ja kauppaa sekä näihin liittyviä toimintoja, kuten hallussapitoa, säilyttämistä, huoltoa, korjausta, asennusta, maahantuontia, maastavientiä, varastointia, kuljetusta ja radioaktiivisen jätteen vaarattomaksi tekemistä. Säteilytoiminnalla tarkoitetaan säteilyn käyttöä ja lisäksi sellaista toimintaa tai olosuhdetta, jossa luonnonsäteilystä ihmiseen kohdistuva säteilyaltistus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

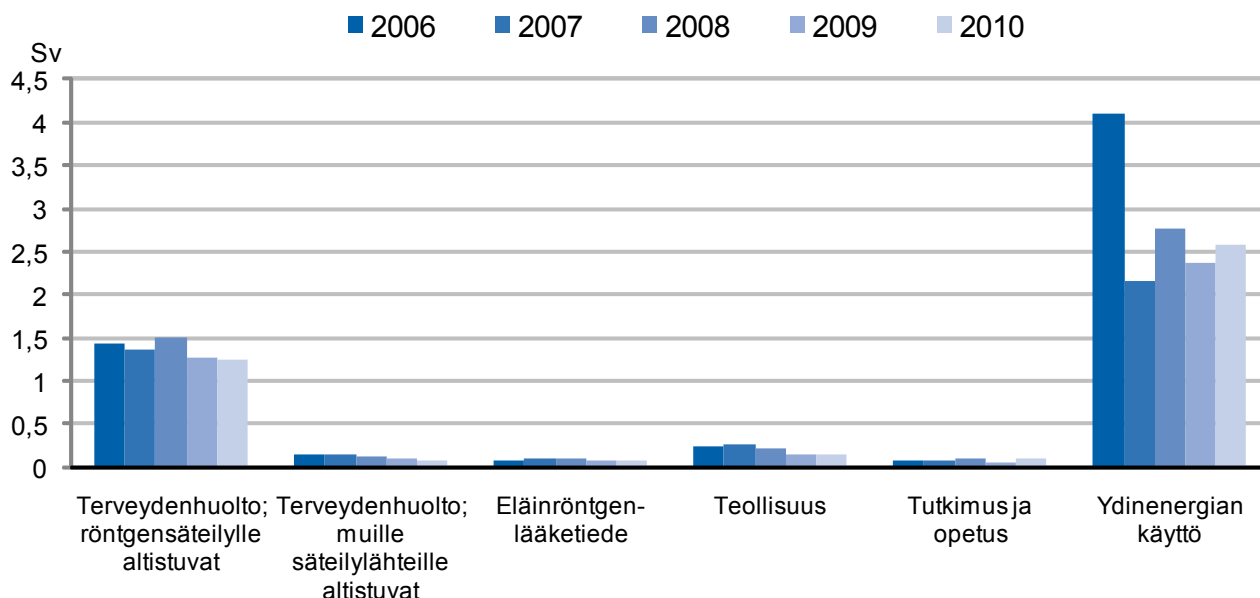
Säteilyllä tarkoitetaan sekä ionisoivaa että io-

nisoimatonta säteilyä.

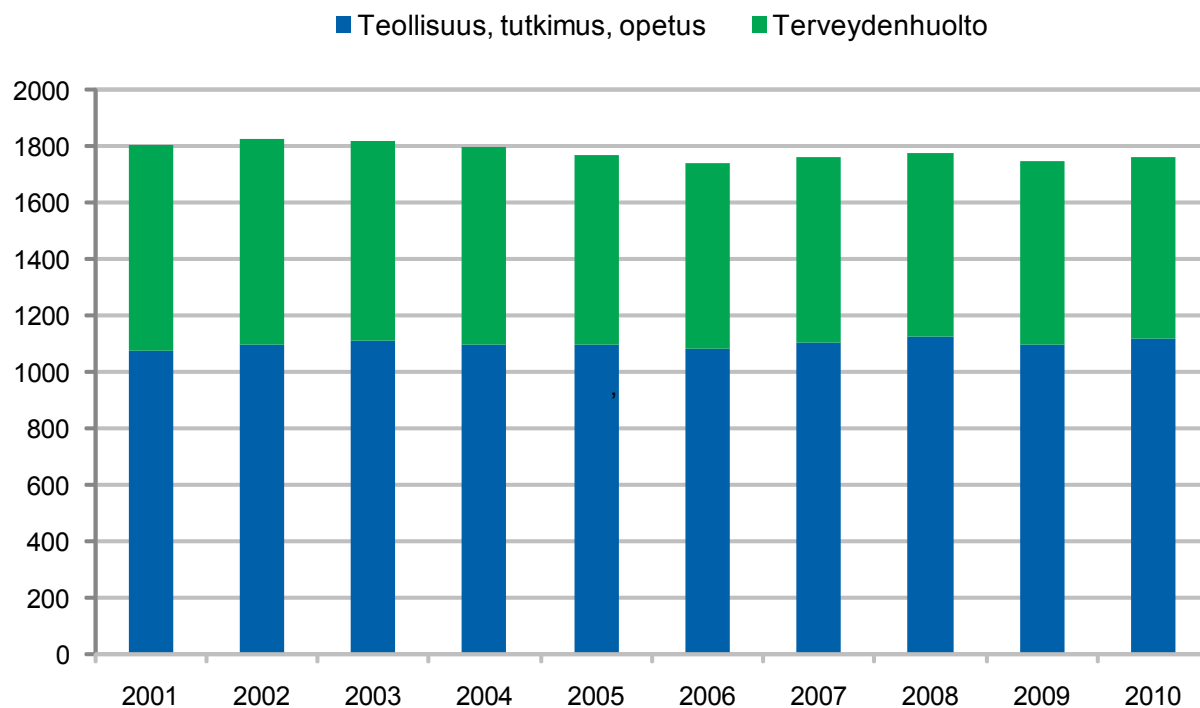
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan valvonnasta vastaavat Suomessa STUKin Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) ja Ionisoimattoman säteilyn yksikkö (NIR-yksikkö).

1.1 Tärkeimmät tunnusluvut

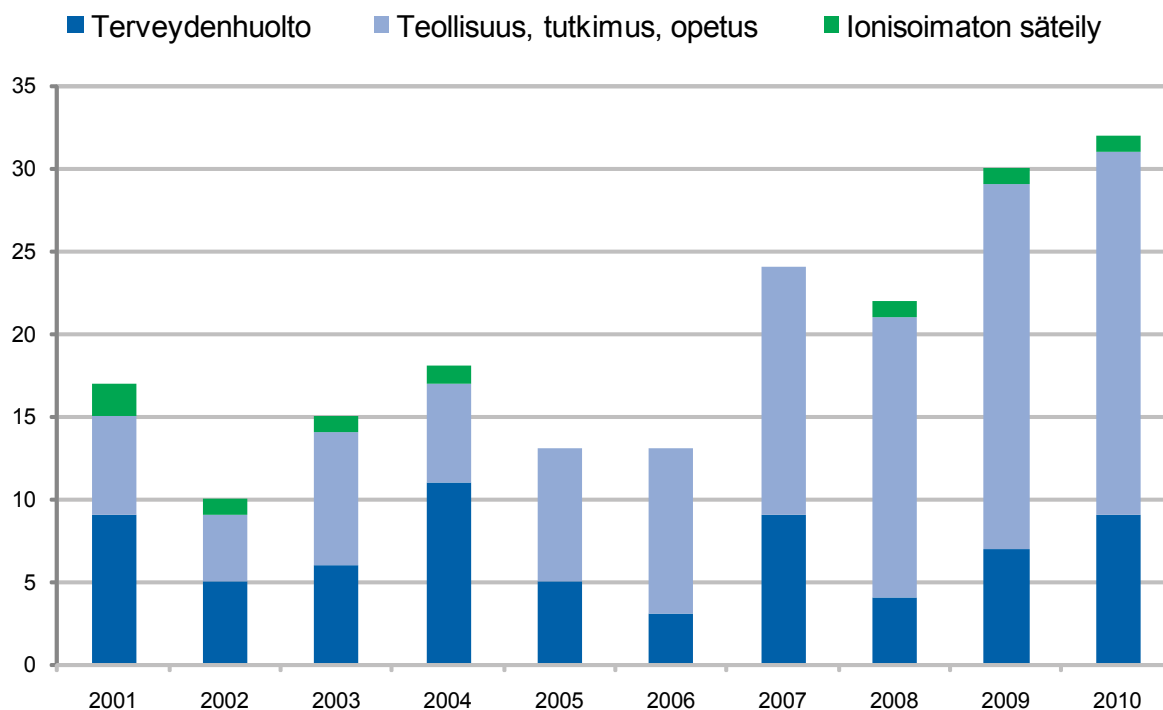
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan tärkeimmät tunnusluvut esitetään kuvissa 1–3.



Kuva 1. Säteilyn käytössä annostarkkailussa olleiden työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain vuosina 2006–2010. Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60. Kuvassa esitettyjen lisäksi muutamia annostarkkailussa olevia henkilöitä työskentelee myös seuraavilla toimialoilla: radioaktiivisten aineiden valmistus, asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut (ks. liitteen 1 taulukot 12 ja 13).



Kuva 2. Turvallisuuslupien lukumäärät vuosina 2001–2010.



Kuva 3. Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2001–2010.

2 Ionisoivan säteilyn käytön valvonta

2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa

Turvallisuusluvut

Vuoden 2010 lopussa oli terveydenhuollon säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 648 kappaletta (ks. myös kuva 2), joista 226 koski eläinlääkintää. Vuoden aikana tehtiin yhteensä 382 lupapäätöstä (uusia lupia tai muutoksia vanhoihin lupiin). Liitteen 1 taulukossa 1 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät. Turvallisuuslupien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut merkittävää muutosta edellisestä vuodesta.

Terveydenhuollon röntgentoiminnan turvallisuuslupahakemusten keskimääräinen käsittelyaika oli 19 päivää. Yli viidesosa (22 %) lupahakemuksista käsiteltiin kiireisinä, mikä tarkoittaa, että hakemus toimitettiin STUKiin vasta laitteen käyttöönottovaiheessa tai jopa sen jälkeen, kun laite oli jo otettu käyttöön.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Liitteen 1 taulukossa 2 on yksityiskohtaisia tietoja säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumääristä terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2010 lopussa.

Terveydenhuollon röntgentoimintojen vaativuusluokitus

Vuonna 2010 STUK teki riskiarvioinnin perusteella muutoksia terveydenhuollon röntgentoiminnan valvontakäytäntöihin. Valvonnassa otettiin käyttöön seuraava luokittelu, joka perustuu kustakin eri röntgentoiminnasta ja -laitteesta potilaalle sekä henkilökunnalla aiheutuvaan altistukseen:

- vaativuusluokka I (luun mineraalipitoisuuden mittalaitteet, tavanomaiset hammaskuvauksilaitteet, panoraamatomografialaitteet ja kefalostaatit)
- vaativuusluokka II (tavanomaiset röntgenlaitteet, kuljetettavat läpivalaisulaitteet, mammo-

grafialaitteet ja KKTT-laitteet)

- vaativuusluokka III (tietokonetomografialaitteet, kiinteästi asennetut läpivalaisulaitteet ja tietokonetomografialaitteet).

Tämän luokittelun perusteella STUK voi jatkossa kohdistaa valvonnan paremmin kuhunkin toimintaan.

Selvitykset röntgentutkimusten määristä ja väestöannoksista

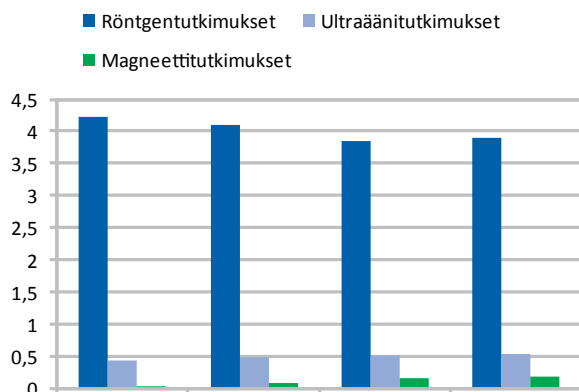
Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksessa säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (423/2000, 43 §) säädetään säteilylle altistavia toimenpiteitä koskevien tietojen tallentamisesta. Lisäksi säädetään, että tutkimusmääristä ja säteilyannoksista tulee tehdä erikseen annettavien ohjeiden mukaan yhteenvedot, joiden perusteella STUK laatii valtakunnalliset arviot säteilyn lääketieteellisestä käytöstä aiheutuneista säteilyaltistuksista ja niiden kehittymisestä.

STM:n asetuksen perusteella STUK on tehnyt selvityksen röntgentutkimusten määristä Suomessa vuosina 2000, 2005 ja 2008 (ks. myös seuraava kohta). Vastaavia tutkimuksia on tehty myös aiemmin vuosina 1984 ja 1995. Vuonna 2008 Suomessa tehtiin noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta eli noin 717 tutkimusta tuhatta asukasta kohti. Tämä luku ei sisällä hammasröntgentutkimuksia, mutta siihen sisältyvät tietokonetomografiatutkimukset (TT-tutkimukset, noin 60 tutkimusta/1 000 asukasta) sekä läpivalaisu- tai TT-ohjatut toimenpiteet (noin 5 tutkimusta/1 000 asukasta). Natiiviröntgentutkimusten ja varjoaineröntgentutkimusten yhteenlaskettu suhteellinen osuus kaikista röntgentutkimuksista oli noin 90,1 %, TT-tutkimusten 8,3 %, angiografoiden 0,8 % sekä läpivalaisu- tai TT-ohjattujen toimenpiteiden 0,8 %. Vuodesta 2005 ovat eniten muuttuneet varjoaineröntgentutkimusten määrä (vähennystä noin 30 %) ja TT-tutkimusten määrä (lisäystä noin 23 %).

Vuoden 2008 röntgentutkimuksista oli lapsiin (0–16 vuotiaat) kohdistuneita tutkimuksia 7,5 %. Natiivi- ja varjoaineröntgentutkimuksista noin 8 % sekä TT-tutkimuksista ja verisuonten varjoaineröntgentutkimuksista noin 2 % tehtiin lapsille.

Ultraäänitutkimuksia tehtiin vuonna 2008 hieman yli puoli miljoonaa ja magneettitutkimuksia hieman yli 190 000 kappaletta.

Vuoden 2008 selvityksen tulokset on julkaistu raportissa STUK-B 121. Radiologisten tutkimusten määrät vuosina 1995–2008 on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Radiologisten tutkimusten määrät vuosina 1995–2008 (Huom. Ultraääni- ja magneettitutkimusten määrät eivät ole aivan kattavia, mutta kuitenkin suuntaa-antavia).

Röntgentutkimuksista ja toimenpiteistä aiheutunut keskimääräinen efektiivinen annos kansalaisista kohden oli 0,45 mSv. Keskimääräinen annos ei viimeisen kymmenen vuoden aikana ole oleellisesti muuttunut, mutta tietokonetomografiatutkimuksista väestölle aiheutuneen annoksen osuus kaikista röntgentutkimuksista ja toimenpiteistä yhteensä aiheutuneesta väestön kollektiivisesta annoksesta on kasvanut oleellisesti ja on nyt 58 %, kun se vuonna 2005 oli 50 %.

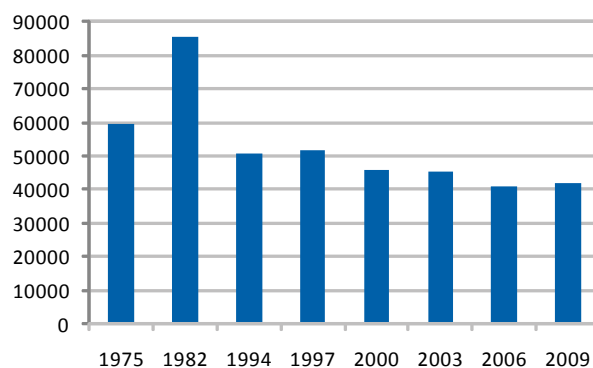
Väestön säteilyannoksen arvioinnissa tarkasteltiin myös Euroopan yhteisöjen komission aiheesta antaman suosituksen (Raportti RP 154, 2008) käyttökelpoisuutta ja Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP) julkaisemien kudosten uusien painotuskertoimien (julkaisu ICRP 103, 2007) vaikutusta kollektiivisen efektiivisen annoksen arviointiin. Komission julkaisema nk. TOP 20 –menetelmä antaa hyvän arvion väestön kollektiivisesta annoksesta natiiviröntgentutkimusten osalta, mutta aliarvioi väestön kollektiivisistä annosta noin 22 %, mikä on yhteensopiva komission raportissa annettujen tietojen kanssa. ICRP:n

julkaisemien kudosten uusien painotuskertoimien (ICRP 103) käyttöönotto nostaa natiiviröntgentutkimuksista väestölle aiheutuvaa kollektiivista annosta noin 22 %.

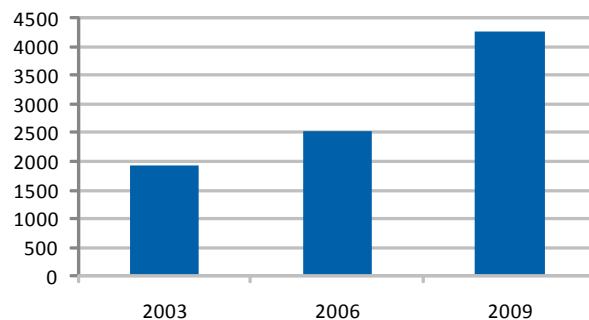
Selvitys radioaktiivisten lääkkeiden käytöstä

Vuonna 2010 STUK teki selvityksen radioaktiivisten lääkkeiden käytöstä Suomessa vuonna 2009. Selvitystä varten lähetettiin kyselylomake kaikille sairaaloille, joissa tehtiin isotooppitutkimuksia ja/tai annettiin isotooppihoitoja vuonna 2009.

Mainittuna vuonna Suomessa tehtiin 42 028 isotooppitutkimusta. Näistä 2 421 oli lasten tutkimuksia ja 1 088 tieteellisiä tutkimuksia. Isotooppihoitojen lukumäärä vuonna 2009 oli 1 786. Kuvassa 5 on esitetty isotooppitutkimusten lukumäärät vuodesta 1975 vuoteen 2009. Kuvassa 6 on esitetty PET-tutkimusten lukumäärät vuosina 2003, 2006 ja 2009.



Kuva 5. Isotooppitutkimusten lukumäärät Suomessa vuodesta 1975 vuoteen 2009.



Kuva 6. PET-tutkimusten lukumäärät vuosina 2003, 2006 ja 2009

Vuoteen 2006 verrattuna isotooppitutkimusten määrä lisääntyi noin 3 % ja isotooppihoitojen määrä väheni noin 9 %. Isotooppitutkimusten määrä 1 000 asukasta kohti oli 7,9 ja isotooppihoitojen 0,03 vuonna 2009. PET-tutkimusten määrä on li-

sääntynyt noin 70 % vuodesta 2006.

Isotooppitutkimuksista aiheutunut kollektiivinen efektiivinen annos vuonna 2009 oli 172 manSv ja tästä aiheutunut keskimääräinen efektiivinen annos kansalaista kohti oli 0,03 mSv. Keskimääräinen efektiivinen annos isotooppitutkimusta kohti (aikuisille tehty kliiniset tutkimukset) oli 4,1 mSv.

Sairaaloiden ilmoittamia, eri isotooppitutkimuksissa potilaille annettavien radioaktiivisten lääkkeiden keskimääräisiä aktiivisuuksia käytetään hyväksi määritettäessä isotooppitutkimusten vertailutasoja. Liitteen 1 taulukossa 3 on esitetty nykyiset, STUKin eri tutkimuksille antamat vertailutasot ja näissä tutkimuksissa vuonna 2009 keskimäärin käytetty aktiivisuus, joka on tutkimusten lukumäärän suhteen painotettu keskiarvo.

Sädehoito

Sädehoidossa kiihdyttimien kokonaismäärä lisääntyi yhdellä, kaarihoidot hoitotekniikkana yleistyivät ja yksi uudentyypinen, erityisesti 3-D-kaarihoitoihin suunniteltu kiihdytin otettiin käyttöön. Kaarihoidoissa kiihdyttimen kanturi kiertää hoidon aikana potilaan ympäri valitun kaaren verran. Intensiteettimoduloiduissa tekniikoissa valitaan tiettyjä kiinteitä hoitokulmia, joita voi yhdessä hoidossa olla useita. Molemmissa tekniikoissa hoitokenttää voidaan lisäksi muotoilla. Monimutkaisissa hoidoissa potilasannoksen varmistaminen on haasteellista ja sitä varten STUKissa on kehitetty uusia valvontamenetelmiä EMRP-projekteissa (ks. kohta 6.1).

STUKin ja sairaaloiden väliset vertailumittaukset osoittivat sädehoidon hoitoannoksen tarkkuuden olevan erittäin hyvän: mittaustulosten keskimääräinen ero oli fotonikeiloissa -0,3 % ja elektroneikeiloissa 0,5 %. Hoidon turvallisuutta vaarantavia ylisuuria annoksia ei vertailumittauksen perusteella löytynyt.

Valvonnan riskiarvioinnin perusteella STUK aloitti sädehoidon toiminnan tarkastukset laite-tarkastuksista erillään. Tarkastusten väli on kaksi vuotta. Samalla sädehoidon röntgensimulaattoreiden tarkastusväli pidennettiin kolmeksi vuodeksi.

2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa

Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa sisältää myös säteilyn käytön palvelu-, asennus- ja huoltotoiminnassa sekä radioaktiivisten aineiden kaupan ja valmistuksen.

Turvallisuusluvut

Vuoden 2010 lopussa oli teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 1 112 kappaletta (ks. myös kuva 2). Liitteen 1 taulukossa 4 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät.

Vuonna 2010 STUK pyysi kaikilta tiedossa olevilta röntgenlaitteiden kauppiailta (47 kpl) vuosi-ilmoituksen luovutetuista laitteista ja niiden haltijoista. Luovutustietojen perusteella löydettiin 8 toiminnan harjoittajaa, jotka eivät olleet hakenneet turvallisuuslupaa aloittamaansa röntgenlaitteiden käyttöön. Lisäksi löydettiin 14 luvanhaltijaa, jotka olivat hankkineet uuden röntgenlaitteen (tai -laitteita), mutta eivät olleet ilmoittaneet niistä STUKille.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Liitteen 1 taulukossa 5 on yksityiskohtaisia tietoja säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumääristä teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2010 lopussa.

Liitteen 1 taulukossa 6 on tietoja umpilähteissä käytettävistä radionuklideista.

HASS-lähteet

Korkea-aktiivisia umpilähteitä (HASS-lähteet, High Activity Sealed Sources) oli vuoden 2010 lopussa Suomessa 205 kappaletta. Vuoden 2006 alusta voimaantulleen säteilylain muutoksen jälkeen HASS-lähteen jätehuoltosuunnitelman esittäminen on ollut turvallisuusluvan myöntämisen ehto. Vanhempia lähteitä koskevia jätehuoltosuunnitelmia STUK on selvittänyt erikseen. On osoittautunut, että suurin osa vanhoista lähteistä voidaan palauttaa lähteen valmistajalle, vaikka joissakin tapauksissa kustannukset voivat olla hyvin suuret. Palautusvaihtoehtoa ei toistaiseksi

ole löytynyt 7 lähteelle. Osa näistä lähteistä voitaneen tarvittaessa siirtää radioaktiivisten jätteiden kansalliseen pienjätevarastoon, mutta tätä mahdollisuutta ei vielä ole lähdekohtaisesti selvitetty.

2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset

Terveydenhuollon ja eläinlääketieteen säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 181 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin toiminnan harjoittajille 73 korjausmääräystä tai -suositusta. Lisäksi löytyi yksi kuljetettava läpivalaisulaite, jolla ei ollut turvallisuuslupaa. Tehdyn riskiarvioinnin ja uuden vaativuusluokituksen tuloksena terveydenhuollon röntgentoiminnassa luovuttiin osasta laitteiden käyttöönottotarkastuksia. Vaativuusluokan I laitteiden käyttöönottotarkastuksista luovuttiin kokonaan. Osa vaativuusluokan II laitteiden käyttöönottotarkastuksia korvattiin toiminnan harjoittajan STUKille toimittamilla tiedoilla potilaalle aiheutuvista säteilyaltistuksista.

Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 203 kappaletta. Tarkastuksissa annettiin 374 korjausmääräystä tai -suositusta.

Tarkastusten lukumäärät tarkastuksen tyyppin perusteella eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa 7. Tarkastusten lukumäärät toiminnan tyyppin mukaan eriteltyinä on esitetty liitteen 1 taulukossa 8.

2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset

Hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 789 toiminnan harjoittajaa. Hammasröntgenkuvauksista aiheutuvaa potilasaltistusta mitattiin 1 336 laitteelta. Keskimääräinen annos oli 1,5 mGy. Annos vastaa posken pinnan annosta (ESD) hammasta kuvattaessa. Vertailutaso 5 mGy ylittyi 7 kuvauslaitteella.

Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastuksia tehtiin 47 kappaletta. Korjausmääräyksiä annettiin 28 kappaletta. Tarkastuksissa löydettiin lisäksi yhteensä 33 hammasröntgenlaitetta, joita ei ollut asianmukaisesti ilmoitettu STUKille rekisteröitäviksi.

2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti

Tiedot radioaktiivisten aineiden toimituksista Suomeen tai Suomesta sekä valmistuksesta Suomessa vuonna 2010 on esitetty liitteen 1 taulukoissa 9–11. Taulukoiden luvut perustuvat kauppaa, tuontia, vientiä tai valmistusta harjoittavilta turvallisuusluvan haltijoilta kerättyihin tietoihin. Tilastoissa eivät ole mukana toiminnan harjoittajien omaan käyttöön muista EU-maista hankitut ja omasta käytöstä muihin EU-maihin toimitetut radioaktiiviset aineet. Tilastot eivät myöskään sisällä radioaktiivisia aineita, joita on toimitettu Suomen kautta muihin maihin.

Liitteen 1 taulukossa 9 eivät ole mukana amerikumia (^{241}Am) sisältävät palovaroittimet ja paloilmoinjärjestelmien ioni-ilmaisimet. Niitä tuotiin maahan 271 000 kappaletta ja niiden yhteenlaskettu aktiivisuus oli noin 8,7 GBq. Palovaroittimia vietiin maasta 9 600 kappaletta, yhteisaktiivisuudeltaan 0,3 GBq. Taulukon tietoihin eivät myöskään sisälly Suomeen tuodut radioaktiivista ainetta sisältävät lamput ja sytyttimet. Joisakin lampuissa ja sytyttimissä käytetään pieniä määriä tritiumia (^3H), kryptonaa (^{85}Kr) tai toriumia (^{232}Th).

2.6 Työntekijöiden säteilyannokset

Annostarkkailussa oli vuonna 2010 yhteensä lähes 12 100 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia kirjauskynnyksen alle jääneet annokset mukaan lukien tehtiin STUKin ylläpitämään annosrekisteriin noin 160 000 kappaletta (lukumäärään sisältyvät myös luonnonsäteilylle altistuneiden työntekijöiden annoskirjaukset, ks. myös luku 3).

Yhden työntekijän efektiivinen annos ylitti vuosiansnosrajan 50 mSv. Kenenkään säteilyannos ei ylittänyt viiden vuoden ajanjaksolle asetettua annosrajaa 100 mSv. Kenenkään työntekijän käsien annos ei ylittänyt vuosiansnosrajaa 500 mSv.

Säteilyn käytössä kirjattu kokonaisannos oli 1,7 Sv ja ydinenergian käytössä 2,6 Sv. Kirjattu kokonaisannos säteilyn käytön osalta ei muuttunut edelliseen vuoteen verrattuna. Ydinenergian käytössä kirjattu kokonaisannos oli noin 9 % suurem-

pi kuin edellisenä vuonna. Ydinenergian käytössä kokonaisannokset vaihtelevat vuosittain huomattavasti riippuen ydinvoimalaitosten vuosihuoltojen pituudesta ja laitoksissa tehtävistä huoltotoista.

Terveystarkkailun toimialalla suurin syväannos 26 mSv kirjattiin toimenpideradiologille. Annos vastaa 0,4–2,6 mSv:n efektiivistä annosta. Eläinlääkinnässä suurin syväannos 10 mSv kirjattiin röntgentutkimuksiin osallistuvalla eläinlääkärille. Annos vastaa 0,2–1,0 mSv:n efektiivistä annosta. Suurin efektiivinen annos teollisuudessa oli radiografiakuvasta tekevä henkilön annos 56 mSv, joka liittyi poikkeavaan tapahtumaan (ks. kohta 2.9, tapahtuma 12). Tutkimuksessa suurimman annoksen 22 mSv sai useita erilaisia säteilylähteitä käyttävä henkilö.

Suurin sormiannos 356 mSv kirjattiin terveydenhuollon toimialalla työskentelevälle laboratoriohoitajalle.

Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain viiden viimeisen vuoden ajalta esitetään liitteen 1 taulukossa 12. Työntekijöiden yhteenlasketut annokset toimialoittain esitetään kuvassa 1 (kohta 1.1) ja taulukossa 13. Taulukossa 14 on esitetty säteilylle paljon altistuvien tai lukumääräisesti isojen työntekijäryhmien annostietoja vuodelta 2010. Kuvissa ja taulukoissa esitetty mittaus tulokset (syväannokset) ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan säteilysuojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin arvio efektiivisestä annoksesta saadaan jakamalla mitaustulos (syväannos) tekijällä 10–60.

2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyysien toteaminen

Uusi annosmittausmenetelmä

DIS-annosmittaria (Direct Ion Storage) käyttävä annosmittausmenetelmä hyväksyttiin käytettäväksi annostarkkailussa. Hyväksytty annosmittauspalvelu haki hyväksyntää menetelmälle jo vuonna 2006. Hyväksyntä myönnettiin mittauspalvelulta saatujen lisäselvitysten jälkeen vuoden 2010 lopulla, kun menetelmän todettiin olevan riittävän hyvin testattu ja täyttävän annostarkkai-

luun käytettävälle menetelmälle kansainvälisissä standardeissa asetetut vaatimukset.

Vastaavien johtajien säteilysuojelukoulutusta antavat koulutusorganisaatiot

STUK on vahvistanut säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan pätevyysvaatimukset ohjeessa ST 1.8. Vastaavan johtajan koulutusta ja pätevyyskoulutuksia järjestävät koulutusorganisaatiot hakevat STUKilta oikeutta järjestää vastaavan johtajan koulutusta. Vuonna 2010 annettiin yhdeksälle koulutusorganisaatiolle hyväksyntäpäätös vastaavan johtajan koulutustulosten ja koulutuksen järjestämiseksi. Voimassa olevia hyväksyntäpäätöksiä oli vuoden 2010 lopussa yhteensä 19 koulutusorganisaatiolla.

Vuonna 2010 koulutusorganisaatioiden tarjoamien pätevyysalojen määrä kasvoi, kun STUK hyväksyi myös eläinröntgentoiminnan pätevyysalan vastaavan johtajan koulutusta ja koulutusta järjestävän koulutusorganisaation.

Hyväksynnän saaneet koulutusorganisaatiot on esitetty STUKin www-sivuilla.

Terveystarkkailusta vastaavat lääkärit

STUK toteaa säteilytyöluokkaan A kuuluvien työntekijöiden terveystarkkailusta vastaavien lääkäreiden pätevyyden. Vuoden 2010 lopussa Suomessa oli kaikkiaan 319 terveystarkkailusta vastaavaa lääkäriä, joiden pätevyyden STUK on todennut. Heistä 32 sai pätevyyden toteamispäätöksen vuoden 2010 aikana.

2.8 Radioaktiiviset jätteet

STUKin ylläpitämään radioaktiivisten jätteiden kansalliseen pienjätevarastoon oli vuoden 2009 loppuun mennessä toimitettu 214 jätepakkausta. Vuonna 2010 ei toimituksia ollut. Merkittävimpien varastossa olevien jätteiden aktiivisuus tai massa on esitetty liitteen 1 taulukossa 15.

2.9 Poikkeavat tapahtumat

Säteilyasetuksen (1512/1991) 17 §:n mukaan STUKille on ilmoitettava säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta, jonka seurauksena turvallisuus säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä merkittävästi vaarantuu. Samoin on ilmoitettava säteilylähteen katoamisesta tai anastuksesta tai lähteen joutumisesta muulla tavalla

pois turvallisuusluvan haltijan hallusta. Ilmoitus on tehtävä myös muista poikkeavista havainnoista ja tiedoista, joilla on olennaista merkitystä työntekijöiden, muiden henkilöiden tai ympäristön säteilyturvallisuuden kannalta.

Vuonna 2010 sattui 31 tapausta, joihin liittyi tai epäiltiin liittyvän normaalista poikkeava tapahtuma tai tilanne ionisoivan säteilyn käytössä. Tapauksista 22 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa ja 9 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa (ks. myös kohta 4.4 poikkeavista tapahtumista ionisoimattoman säteilyn käytössä). Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2001–2010 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

Jäljempänä olevissa tapauselostuksissa on esitetty vuonna 2010 sattuneet poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä ja tapahtumien syyt sekä toimenpiteet, joihin kunkin tapahtuman johdosta on ryhdytty.

Tapahtuma 1

Teollisuuslaitoksen varastosta katosi kaasupullojen nestepinnan korkeusmittari. Laitteessa oli ^{60}Co -säteilylähde, jonka aktiivisuus oli alle 1 MBq. Laitetta ei ollut käytetty, koska sillä ei saanut luotettavia mittaustuloksia. Laite on saattanut kadota varaston muuton yhteydessä. Etsinnöistä huolimatta laitetta ei löytynyt.

Tapahtuma 2

Tehtaan tukkilynjan huoltotöiden aikana ovat työntekijät kymmenen vuoden ajan jatkuvasti kulkeneet neljä säteilylähdetä (kukin lähde 740 MBq ^{137}Cs) sisältävän tukkivaa'an alta sulkematta säteilylähteitä. Vastaava johtaja kielsi tämän ohjeessaan kaksi vuotta sitten, mutta kiello ei tavoittanut huoltotöitä tekeviä työntekijöitä. Asia tuli ilmi, kun tukkilynjalle asennettiin uusi mittalaite (ei sisällä radioaktiivisia aineita), joka peitti vanhojen laitteiden säteilyvaaramerkinnät, jolloin oli lisättävä uudet merkinnät näkyville paikoille. Tällöin käyttöhenkilökunta huolestui, koska se luuli, että paikalle on asennettu uusia säteileviä laitteita.

STUK määräsi, että tukkivaa'an viereen on asettava kyltti, jossa pyydetään sulkemaan säteilylähteet huoltotöiden ajaksi. Altistuneiden työntekijöiden annokset ovat enimmillään 20 μSv .

Tapahtuma 3

Paperi- ja kartonkitehtaalla työntekijä meni huoltotöihin säiliöön, jossa pinnakorkeutta mittaavat säteilylähteet olivat käytössä. Säteilylähteiden sulkimia ei ollut käännetty kiinni-asentoon ennen huoltotyön aloittamista. Työntekijä oli säiliön pohjalla ja lähimmät säteilylähteet (7,4 GBq ^{137}Cs) olivat yli viiden metrin korkeudella. Säteilylähteistä suuntautui kartiomainen säteilykeila säiliön vastakkaisella sivulla olevalle ilmaisimelle. Säiliön halkaisija on viisi metriä. Työntekijä epäili altistuneensa säteilylle. Tapahtuman jälkeen tehdyissä mittauksissa todettiin, että annosnopeudet säiliön pohjalla eivät poikkea normaalista taustasäteilystä eikä työntekijä näin ollen saanut ylimääräistä säteilyaltistusta.

Tapahtuma 4

Teollisuuslaitoksessa gammakuvaukseen rakennettua maanalaista bunkkeria siivottaessa löytyi laite, joka sisälsi ^{137}Cs -isotooppia. Laite lienee ollut vanhan radiometrisen mittalaitteen lähde-osa, mutta sen alkuperäinen käyttötarkoitus ei tarkemmin selvinnyt. Laite on ilmeisesti ollut bunkkerissa 10–20 vuotta. Ulkoisen säteilyn annosnopeus metrin etäisyydellä laitteesta oli enimmillään 5 $\mu\text{Sv/h}$. Laite toimitettiin Suomen Nukliditekniikalle.

Tapahtuma 5

Terästehtaalta löytyi noin kolme metriä pitkä metalliputki, jonka sisus oli täynnä säteilevää saostumaa tai muuta vastaavaa prosessijätettä. STUKin tarkastajien käydessä tehtaalla tunnistamassa löydöstä ja ottamassa siitä näytteitä jatkoselvittelyjä varten he löysivät myös muutaman kymmenen litran vetoisen säiliön, jossa oli hieman jotain säteilevää ainetta, ja noin kaksi metriä pitkän metallipalkin, jonka pinnalla myös oli säteilevää ainetta. Selvityksissä kävi ilmi, että

- metalliputkessa oleva saostuma sisälsi luonnonuraania ja fosforia. Putki on todennäköisesti peräisin lannoiteteollisuudesta, sillä monet fosfaattimalmit sisältävät uraania epäpuhtautena. Putki toimitetaan kaatopaikalle.
- säiliöstä löytyneessä aineessa oli radioaktiivista hopeaisotooppia ($^{108\text{m}}\text{Ag}$). Suomen Nukliditekniikan kanssa sovittiin menettelyistä, joilla säiliö toimitettiin STUKin ylläpitämään radioaktiivisten jätteiden kansalliseen pienjätevarastoon.

- metallipalkin pinnalla oli rikastettua uraania, minkä perusteella voidaan arvella, että palkki on peräisin uraanin rikastus- tai jälleenkäsittelylaitoksesta. STUK otti palkin haltuunsa ja järjestää sen säilytyksen ja varastoinnin.

Tapahtuma 6

Maakunnalliseen jätehuolto-yhtiöön toimitettiin ongelmajätteen mukana ilmeisesti koulukäytössä ollut säteilylähde (185 kBq ⁹⁰Sr). STUK neuvoi yhtiötä ottamaan yhteyttä Suomen Nukliditeknikkaan, jotta lähde saadaan asianmukaisesti hävitetyksi.

Tapahtuma 7

Kuljetusyhtiön kuljettaja nouti vanhentuneen Tc-generaattorin laboratorion. Generaattoripakkaus oli huonosti suljettu ja merkinnöiltään puutteellinen. Kuljettajalla ei ollut vaarallisten aineiden kuljetuksessa tarvittavaa koulutusta, ja asiaan havahduttiin vasta kuljetusyhtiön varastolla, jossa huolestuttiin pakkauksen epämääräisistä merkinnöistä.

Pakkauksen puutteellinen merkintä johtui siitä, ettei generaattorin käyttäjä ollut saanut riittävästi ohjeistusta käytettyjen generaattoreiden palauttamisesta. Vastaavien tapahtumien välttämiseksi generaattoreiden toimittaja on selventänyt ohjeistustaan. Tapaus ei aiheuttanut poikkeavaa säteilyaltistusta.

Tapahtuma 8

Yrityksessä tehtiin röntgenradiografialaitteen käyttöönottoon liittyvää testaustyötä suljetussa kuvaushuoneessa. Testaaja oli keskeyttänyt työn, jolloin toinen työntekijä siirsi röntgenputken pois säteilysuojatusta huoneesta normaalille säilytyspaikalleen. Kun laitteen testaaja jatkoi työtä ja käynnisti laitteen uudelleen, kaksi käytössä ollutta säteilymittaria hälyttivät. Testaaja pysäytti välittömästi laitteen toiminnan.

Käynnistyksen jälkeen röntgenputki ehti olla osittain suojaamattomana noin viisi sekuntia. Putken säteilykeila suuntautui tänä aikana pois päin testaajasta. Toiminnan harjoittaja rekonstruoi tilanteen ja tehtyjen annosnopeusmittausten sekä altistusajan perusteella testaajan saamaksi säteilyannokseksi arvioitiin korkeintaan 20 µSv. Vastaavien tapahtumien välttämiseksi tapahtuma kirjattiin toiminnan harjoittajan omaan poik-

keavien tapahtumien järjestelmään, jossa se on työntekijöiden nähtävissä. Poikkeavia tapahtumia käsitellään yrityksessä myös työntekijöiden koulutustilaisuuksissa.

Tapahtuma 9

Mittaus- ja tutkimuspalveluja tekevän yrityksen työntekijä joutui säätämään röntgenfluoresenssilaitteen asetuksia, koska laitteella kuvattiin normaalista poikkeavia näytteitä. Tällöin hän joutui olemaan lähellä laitetta. STUK sai työntekijältä ilmoituksen, jonka mukaan hän oli saattanut altistua säteilylle laitteen käytön ja säädön aikana.

STUK kävi tarkastamassa laitteen ja sen käytön ilmoituksen jälkeen, ja samalla altistusta epäillyttä henkilöä haastateltiin altistusolosuhteiden selvittämiseksi. Tarkastuksessa tehtyjen mitausten ja työskentelyaikojen perusteella arvioitiin, että työntekijä olisi voinut saada korkeintaan 1 mSv:n efektiivisen annoksen. Säteilyannosta arvioitiin myös röntgentutkimuksia varten kehitetyllä annoslaskentaohjelmalla, jolla saatiin samaa suuruusluokkaa oleva yläarvio annokselle.

Henkilön verinäytteen kromosomianalyysistä saatiin absorboituneelle kokokehoannokselle arvio 80 mGy (95 %:n luotettavuusväli 0–150 mGy). Kovin erisuuruisille annosarvioille ei löytynyt muuta selitystä kuin kromosomianalyysiin liittyvä tilastollinen epävarmuus tällä annosalueella.

Tapahtuman yhteydessä kävi ilmi, että laitteen käyttöön ei ollut turvallisuuslupaa. Puutteita todettiin myös käyttöohjeissa. Toiminnan harjoittaja haki laitteen käytölle asianmukaisen turvallisuusluvan, ja samassa yhteydessä käyttöohjeistusta parannettiin ja laitteelle tehtiin säteilyturvallisuutta parantavia pieniä teknisiä muutoksia.

Tapahtumat 10 ja 11

Terästehtaalla sattui kaksi tapausta, joissa amerikiiumia (²⁴¹Am) sisältävä säteilylähde joutui kierätyismetallin mukana sulatettavaksi. Tehtaan ulkopuolelle ei päässyt radioaktiivisia aineita eikä työntekijöille aiheutunut säteilyvaaraa. Lähteiden sulaminen ei saastuttanut metallierää, vaan suurin osa amerikiiumista jäi prosessissa syntyneeseen kuonaan ja pieneltä osin savukaasupölyihin.

STUKin asiantuntijat tekivät radionuklidimäärytyksiä kuonasta, savukaasupölystä, sulaton ilmapölynäytteistä ja metallista. Työntekijät käyt-

tivät hengityksensuojaimia kunnes mittauksilla oli varmistettu, että hengitysilmassa ei ole radioaktiivisia aineita.

Saastunut kuona ja pöly varastoitiin aluksi suljettuihin kontteihin. Myöhemmin ne sijoitettiin tehtaan käytössä olevalle tarkoitukseen suunnitellulle jätealueelle.

Tapahtuma 12

Radiografiakuvaaja teki teollisuuskuvasta 4 TBq:n ^{60}Co -säteilylähteellä. Kuvauksen jälkeen lähde jäi vahingossa palauttamatta suojasäiliöön, ennen kuin kuvaaja palasi sen läheisyyteen. Kuvaaja altistui säteilylle muutaman minuutin ajan. Hänen käyttämästään annosmittarista määritettiin annokseksi 55,7 mSv, mikä ylittää säädetyn vuosiansosrajan 50 mSv. Kuvaajan verinäytteestä tehtiin STUKissa myös kromosomianalyysi, jonka perusteella voitiin varmistua siitä, ettei kuvaaja ollut saanut merkittävästi suurempaa säteilyannosta kuin annosmittarilla mitattu annos.

Teollisuuskuvauksissa työntekijöillä tulisi olla käytössään annosmittarin lisäksi säteilyhälytin, joka antaa välittömän hälytyksen, jos säteilytaso on korkea. Lisäksi turvallisuusvaatimukset edellyttävät, että aina kuvaustapahtuman jälkeen on säteilymittarilla varmistettava säteilylähteen palautuminen suojasäiliöön. Tässä tapauksessa nämä varmistukset olivat pettäneet.

Tapahtuman seurauksena kuvauspaikan säteilyhälytysjärjestelmää päätettiin parantaa kiinteästi asennetulla mittaus- ja hälytyslaitteella. Lisäksi toiminnan harjoittaja muistutti kaikkia kuvaustyöntekijöitä säteilyturvallista työskentelyä koskevista määräyksistä.

Tapahtuma luokiteltiin kansainvälisellä 7-portaisella INES-asteikolla (International Nuclear Event Scale) luokkaan 2.

Vastaavat tapahtumat ovat erittäin harvinaisia Suomessa. Ainostaan kerran aikaisemmin (vuonna 1968) on teollisuuskuvaukseen liittyvästä tapahtumasta aiheutunut yhtä suuri annos.

Tapahtuma 13

Kaksi alihankintayrityksen työntekijää työskenteli tehtaassa radiometrisen tiheysmittarin ilmaisimen lähellä, kun mittarin säteilylähteen suljin oli auki-asennossa. Tiheysmittarissa oli aktiivisuudeltaan 1 850 MBq oleva ^{137}Cs -säteilylähde. Kapean sätei-

lykeilan vuoksi annosta aiheutui vain ilmaisimen lähellä työntekijöiden käsille. Tehtaan säteilyturvallisuudesta vastaava johtaja arvioi säteilymitausten ja työaikojen perusteella toisen työntekijän käsille aiheutuneeksi ekvivalenttiannokseksi enintään 0,5 mSv ja toisen 0,1 mSv.

Altistumisen syynä oli mm. se, että säteilylähteen luona olleet varoitusmerkit oli aikaisemman korjaustyön ajaksi jouduttu poistamaan, eikä niitä ollut pantu takaisin paikoilleen. Puutteita todettiin myös pienten huolto- ja korjaustöiden vaarojen arvioinnissa ja ulkopuolisten työntekijöiden opastuksessa. Tapahtuman jälkeen säteilylähteestä varoittavat kyltit kiinnitettiin pysyviin rakenteisiin, joita ei poisteta huoltojen ja korjauksien ajaksi. Vastaavien tapahtumien välttämiseksi tarkistettiin myös ohjeistusta ja koulutusta.

Tapahtuma 14

Teollisuuslaitoksessa kolme työntekijää meni puhdistamaan kuorimon haketaskua aloittaakseen siellä hitsaustyöt. Haketaskun tukosvahdin säteilylähteen (1,85 GBq ^{60}Co) suojuksen suljinta ei kuitenkaan muistettu sulkea. Työntekijät altistuivat säteilylle 20–30 minuutin ajan. Heille aiheutuneet annokset olivat 3–40 μSv riippuen siitä, missä kukin työntekijä oli ollut säteilylähteeseen nähden.

Tapahtuma 15

Metallinkierrätysyritykseen tuotiin metalliesineitä, joissa oli säteilystä varoittavia merkintöjä. Yrityksen omissa säteilymittauksissa ei havaittu säteilyä, ja yritys raportoi STUKille tiedot mittauksista ja kuvia esineistä. Esineet olivat tyhjiä lyijysuojia, joissa oli säilytetty indiumlähteitä (^{111}In) vuosina 2005–2006. ^{111}In :n puoliintumisaika on 2,8 vuorokautta, eikä radioaktiivisuudesta olisi enää ollut mitään jäljellä, vaikka indium-lähteet olisivat kontaminoineet lyijysuojat säilytyksen aikana. STUKin tarkastajat kävivät kuitenkin yrityksessä varmistamassa mittauksin, ettei lyijypurkeissa ollut jäämiä muista radioaktiivisista aineista.

Tyhjistä säilytysastioista tai muista romutettavista tavaroista pitäisi poistaa tarpeettomat säteilyä ja radioaktiivisuutta osoittavat merkinnät. Tällä kertaa lyijysuojien käytöstä poistaja oli laiminlyönyt merkkien poistamisen.

Tapahtuma 16

Tutkimuslaitoksessa käytettiin röntgendiffraktometrilaitetta, jossa on kaksi säteilykeilan ulostulotietä. Toinen näistä on ollut suljettuna lyijylevyllä. Kaksi työntekijää kuitenkin havaitsi säteilymittarilla, että laitteesta tulee säteilyä kahdesta kohdasta. Tämä johtui siitä, että toista säteilyaukkoa sulkenut lyijylevy oli jostain syystä siirtynyt pois paikoiltaan. Siirtymisen ajankohdasta ei ole tietoa. Mahdollisesti kymmenkunta henkilöä on käyttänyt laitetta lyijylevyn ollessa pois paikaltaan.

Lyijysuojus pantiin paikalleen välittömästi sen jälkeen, kun poikkeama oli havaittu. Altistuneiden henkilöiden annokset ovat alle 10 µSv.

Tapahtuma 17

Työntekijän työpisteen vierestä löytyi laatikosta tutkan osa, joka sisälsi 74 MBq radiumia (^{226}Ra). Esineessä ei ollut mitään merkintöjä radioaktiivisuudesta, mutta säteilylähteen tiedot selvisivät osan tyyppimerkinnän perusteella. Annosnopeus esineen pinnalla oli noin 10 µSv/h, 20 cm:n etäisyydellä noin 1,5 µSv/h ja 90 cm:n etäisyydellä noin 0,22 µSv/h. Mittaustietojen ja altistusajan perusteella arvioitiin, että henkilö oli saanut säteilevästä esineestä vuosittain enintään 0,14 mSv:n efektiivisen annoksen niinä kolmena vuotena, jotka hän oli työskennellyt tässä paikassa. Jaloille oli aiheutunut noin 2 mSv:n ekvivalenttiannos näinä vuosina.

Säteilevä tutkan osa siirrettiin turvalliseen paikkaan etäämmälle työpisteestä, ja se oli tarkoitettu toimittamaan myöhemmin radioaktiivisena jätteenä Suomen Nukliditeknikalle.

Tutkan lähetys- ja vastaanottosignaalin vaihtokytkimissä ja ylijännitesuojissa on käytetty radioaktiivista ainetta ionilähteenä, joka parantaa kyseisten osien ominaisuuksia. 1940- ja 50-luvuilla käytettiin yleisesti radiumia ja myöhemmin myös muita isotooppeja kuten ^{60}Co , ^{85}Kr , ^{232}Th , ^{63}Ni , ^{147}Pm ja ^3H . Radioaktiivisen aineen määrät tällaisissa tutkan osissa ovat yleensä kohtuullisen pieniä. Voimakkaimmat gammasäteilijät kuten ^{226}Ra voidaan kuitenkin havaita säteilymittarilla esineen ulkopuolelta.

Tapahtuma 18

Teknokemian laitoksesta katosi pinnankorkeuden mittalaite, jossa oli kaksi säteilylähdettä (kumpi-

kin 1,67 GBq ^{241}Am). Etsinnöistä huolimatta laitetta ei löydetty eikä käynyt ilmi, missä vaiheessa laite on kadonnut.

Tapahtuma 19

Teollisuuslaitoksen varastosta löytyi säteilyvaramerkillä varustettuja esineitä. Selvityksissä esineet todettiin radiolähtettimien putkiksi, joissa oli alunperin 5,55 kBq ^{60}Co -isotooppia. Valmistusmerkintöjen mukaan putket on valmistettu jo 1980-luvun alkupuolella. Putkien ulkopuolella ei mittauksin havaittu normaalia taustan annosnopeudesta poikkeavia lukemia. Esineet voitiin hävittää tavallisena elektroniikkaromuna.

Tapahtuma 20

Konepajassa oli hitsaussaumojen kuvaukseen tarkoitetun röntgenradiografialaitteen kuvaustilassa työntekijöiden tarvikkeita sisältävä kaappi. Työntekijä oli mennyt käymään kuvaustilan kaapille ja oli hetken aikaa röntgenlaitteen lähistöllä, kun laite käynnistettiin. Lyhyen altistumisajan vuoksi ylimääräinen säteilyannos jäi kuitenkin pieneksi. Kuvauksia tehneen yrityksen mittauksen ja selvitysten perusteella saatiin annosarvioksi 29 µSv.

Tapahduksen syynä oli se, että kuvausta tekevä työntekijä ei tarkistanut ennen röntgenlaitteen käynnistämistä, että kuvaustilassa ei ole ketään. Kuvaustilassa ollut tarvikekaappi siirrettiin pois, minkä jälkeen muiden kuin kuvaajien ei ole tarvetta mennä kuvaustilaan. Työntekijöitä muistutettiin myös yhtiön voimassa olevien ohjeiden noudattamisesta ja alueen valvonnasta kuvausten aikana.

Tapahtuma 21

Jätehuoltoyritys ilmoitti STUKille hakevansa teollisuusyrityksestä kaksi ^{60}Co -lähdettä ja yhden ^{241}Am -lähteen. Yritys ilmoitti käyttävänsä kuljetukseen B-tyyppin kolliä. Tämä aiheutti ihmetystä, koska STUKin tietojen mukaan yrityksellä ei ole B-tyyppin kolleja. STUKin tarkastajien käydessä tarkastamassa kyseisen kuljetusastian kävi ilmi, ettei se ollut B-tyyppin kolli, vaan B-tyyppin säteilylähteen säilytysastia, jota ei voi käyttää B-tyyppin pakkauksena radioaktiivisten aineiden kuljetuksessa.

Tapahtuma 22

Teollisuuslaitoksesta katosi metallien alkuainemääriyksissä käytetty röntgenfluoresenssilaitte. Etsinnöistä huolimatta laitetta ei löytynyt, joten se ilmoitettiin varastetuksi ja siitä tehtiin rikosilmoitus.

Asiaa tutkittaessa havaittiin, että laitteen säilytys- ja käyttöruutineissa oli puutteita. Laitteen säilytykseen käytetyn kassakaapin avaimet olivat helposti saatavilla kaapin päällä. Lisäksi laite oli luovutettu käyttöön henkilölle, jolla ei ollut laitteen käyttö lupaa, eikä vastuuhenkilö ollut asianmukaisesti kuitannut laitteen luovutusta ja palautusta. Nämä puutteet korjattiin laitteen katoamisen jälkeen.

Tapahtuma 23

Leikkaukseen menevä potilas sai vartijaimusolmuketutkimukseen tarkoitettua radioaktiivista lääkettä tarpeettomasti. Leikkaukseen meneviä potilaita oli kaksi, eikä kummankaan läheteessä mainittu isotooppitutkimusta erikseen. Hoitaja meni hakemaan radioaktiivista lääkettä isotooppiyksiköstä, jossa vain toiselle potilaalle oli lähete isotooppitutkimukseen. Toisen läheteletettiin tulevan myöhässä, kuten usein oli tapahtunut, ja molemmille injisoitiin radioaktiivinen lääke. Seuraavana aamuna selvisi, että vain toiselle oli tarkoitus tehdä isotooppitutkimus.

Tapahtuma kirjattiin laatupoikkeamana sekä isotooppiyksikössä että radiologian yksikössä. Tapahtumaa on käsitelty lähettävien lääkärin kanssa ja tähdennetty läheteiden sisällön selkeyden merkitystä. Tapahtuma on ilmoitettu Valtakunnalliseen haittojen ja vaaratilanteiden ilmoitusjärjestelmään (HAIPRO). Potilasta informoitiin seuraavalla poliklinikkakäynnillä.

Tapahtuma 24

Sydänlihasperfuusion gammakuvaus tehtiin potilaalle vaimennuskorjattuna, jolloin ennen varsinaista gammakuvausta potilaalle tehtiin matala-annos-TT-tutkimus. Aloitettaessa gammakuvausta havaittiin, että sydäntahdistuksen signaali ei näkynyt näyttöpäätteellä. Korjaavia toimenpiteitä yritettiin, mutta ongelma ei korjaantunut. Tutkimus jouduttiin aloittamaan uudelleen laitteiston uudelleen käynnistämisen jälkeen. Myös matala-annos-TT-tutkimus jouduttiin tällöin uusimaan, mistä potilaalle aiheutui noin 2 mSv:n yli-

määräinen annos. Tapahtuma kirjattiin laatupoikkeamana ja käsiteltiin yksikön laatu järjestelmän mukaisesti. Tapahtuma on ilmoitettu Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirastolle (Valvira) lääkintälaitteen vaaratilanteena.

Tapahtuma 25

Sairaalassa oli tapana käyttää gammakameran ¹³¹I-piikin paikan määrittämiseen kilpirauhasyövän hoitoon ¹³¹I:tä saaneen potilaan virtsaa. Potilas sai ablaatioannoksen (2 299 MBq) ¹³¹I:tä perjantaina aamupäivällä ja häntä pyydettiin otamaan virtsanäyte lyijysuojassa olevaan pulloon samana iltana. Tarkoitus oli, että isotooppiastian hoitaja hakee näytteen seuraavan viikon maanantaina tullessaan tekemään potilaan kotiuttamismittausta. Potilas kuitenkin ilmoitti osastolla olleelle sairaanhoitajalle myöhään perjantai-iltana, että hän on jättänyt virtsanäytteen. Hoitaja teki tutkimuspyynnön ja toimitti näytteen laboratorioon. Laboratoriossa yövuorossa ollut hoitaja teki näytteestä vaaditut tutkimukset ja pani sen jälkeen näytepullon lyijysuojassa laboratorion veto-kaappiin. Asia selvisi seuraavana maanantaina, kun kotiuttamismittausta tekemään tullut hoitaja pyysi virtsanäytepulloa. Hoitaja ilmoitti asiasta vastaavalle johtajalle, ja virtsapullo löytyi laboratorion vetokaapista, mistä se toimitettiin isotooppilaboratorioon. Virtsanäytteen aktiivisuus mitattiin tiistaina aamupäivällä ja mittaustuloksesta voitiin määrittää pullossa perjantaina ollut aktiivisuus. Annosnopeus 30 cm:n etäisyydellä virtsapullostani oli perjantai-iltana ollut noin 8 µSv/h. Kumpikin hoitajista käsitteli pulloa huomattavasti alle tunnin, joten heidän saamansa säteilyaltistus on alle 10 µSv.

Tapahtuma 26

Potilaalle oli tarkoitus tehdä sydänlihasperfuusion gammakuvaus sekä rasituksessa että levossa. Rasituskuvaus tehtiin onnistuneesti. Lepokuvausta varten potilaaseen injisoitiin 750 MBq ^{99m}Tc:llä leimattua radioaktiivista lääkettä. Gammakamera kuitenkin pysähtyi kesken kuvauksen. Kameraa yritettiin käynnistää, mutta tuloksetta. Potilaan lepo kuvaus jouduttiin uusimaan myöhemmin. Tällöin hänelle injisoidun radioaktiivisen lääkkeen aktiivisuus oli 370 MBq, josta hänelle aiheutui noin 3 mSv:n ylimääräinen säteilyannos.

Tapahtuma 27

Sairaalassa potilas sai 4 100 MBq ^{131}I :tä kilpirauhassyövän hoitoon. Potilas siirtyi saattajan mukana osastolle eristyshuoneeseen. Ohjeen mukaan osastolla potilasta vastaanottavan henkilön tulee asettaa eristyshuoneen ovelle säteilyvaaraa osoittava merkki. Näin ei kuitenkaan tapahtunut. Kaksi osaston naispuolista sairaalalääkärä meni eristyshuoneeseen tietämättä, että kyseessä oli radiojodihoidon saanut potilas. He eivät käyttäneet lyijyliivejä. Sairaalalääkärit viipyivät huoneessa arviolta kaksi minuuttia noin 1,5 m:n etäisyydellä potilaasta ja poistuivat heti, kun saivat tietää, että kyseessä oli radiojodihoitopotilas. Annosnopeus 1,5 m:n etäisyydellä potilaasta oli noin 200 $\mu\text{Sv/h}$. Täten kahden minuutin altistusaika aiheutti heille enintään 10 μSv :n säteilyannoksen. Kumpikaan heistä ei ollut raskaana.

Tapahtuma 28

Sairaalassa kahdelle potilaalle, joille piti tehdä sydäntutkimus, injisoitiin erehdyksessä vartijaimusolmukkeen kuvantamiseen käytettävää radioaktiivista lääkettä. Kolmannelle potilaalle, jolle piti tehdä imusolmukekuvaus, taas injisoitiin sydäntutkimuksessa käytettävää radioaktiivista lääkettä tuumoriin. Tapahtuma johtui inhimillisestä erehdyksestä. Kuumalaboratoriossa radioaktiivisten lääkkeiden tekovaiheessa ampullit laitettiin erehdyksessä väärin lyijysuojiiin ja potilasannokset otettiin siten väärästä pullosta. Sekaannus huomattiin toisen sydänpotilaan kuvausta aloitettaessa. Hänelle ja myös toiselle sydänpotilaalle annettiin 500 mg kaliumperkloraatia kilpirauhasen säteilyannoksen pienentämiseksi. Tapahtumat selvitettiin potilaille ja heille varattiin uudet tutkimusajat. Tapahtumat kirjattiin potilastietoihin. Tapahtunut käytiin läpi asiaan osallisena olleiden työntekijöiden kanssa. Sydäntutkimuspotilaille aiheutui noin 1,3 mSv:n ylimääräinen efektiivinen annos. Vartijaimusolmuketutkimuksessa radioaktiivinen lääke injisoidaan paikallisesti tuumoriin ja siitä aiheutuva efektiivinen annos on melko pieni. Annosta ei ole arvioitu.

Tapahtuma 29

Lisämunuaiskuoren gammakuvauksessa potilas kuvataan muutama vuorokausi radioaktiivisen lääkkeen injisoimisen jälkeen sekä staattisena gammakuvauksena että SPECT-TT-tekniikalla,

jolloin potilaalle tehdään matala-annos-TT-tutkimus ennen gammakuvausta. Potilaalle tehtiin staattinen gammakuvaus, johon potilastiedot haettiin RIS-ajanvarausjärjestelmästä. SPECT-TT-tutkimusta aloitettaessa RIS-tietoa ei ollut käytettävissä, mistä syystä potilaan tiedot syötettiin kuvausjärjestelmään käsin. Matala-annos-TT tehtiin normaalisti. Siirryttäessä gammakuvaukseen, ohjelmisto ilmoitti potilaan henkilötunnuksen ja nimen ristiriidan ja esti gammakuvauksen tekemisen. Ohjelma ei kuitenkaan estänyt matala-annos-TT:n tekemistä henkilötunnuksen ja nimen ristiriidasta huolimatta. Potilaalle jouduttiin tekemään uusi matala-annos-TT, mistä hänelle aiheutui 2 mSv:n ylimääräinen annos. Syynä tapahtuneeseen oli, että ohjelmisto tulkitsee isot ja pienet kirjaimet eri kirjaimiksi. Tilanne olisi voinut välttää, jos ohjelmisto olisi ilmoittanut asiasta ennen TT-tutkimusta. Tapahtuma kirjattiin laatupoikkeamana ja käsiteltiin isotooppiyksikön laatuja järjestelmän mukaisesti. Poikkeavasta tapahtumasta on tehty ilmoitus Valviraan. Yksikössä on tehty ohjeistus nimien oikeinkirjoittamiseksi (isot ja pienet kirjaimet).

Tapahtuma 30

Sairaalassa tehtiin potilaalle erehdyksessä vatsan alueen TT-varjoainetutkimus, kun hänelle olisi pitänyt tehdä pään natiivi-TT-kuvaus. Kahden eri potilaan tiedot olivat menneet sekaisin.

Tapahtuma 31

Sairaalassa käytettiin aktiivisuusmittarin (annoskalibraattorin) toiminnan testaamiseen ^{133}Ba -lähdeä. Testilähteen mittaamisen jälkeen aktiivisuusmittarin asetukset muutettiin $^{99\text{m}}\text{Tc}$:n asetuksiksi, mutta mittarin toimintahäiriön vuoksi energiaikkuna ei todellisuudessa muuttunutkaan oikeaksi. Tämän seurauksena kahdelle potilaalle luustokuvausta varten annettavan radioaktiivisen lääkkeen ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -fosfonaattia) aktiivisuus mitattiin väärällä energiaikkunalla. Potilaista (79- ja 69-vuotiaat miehet) toinen sai 17,8 mSv:n ja toinen 17,2 mSv:n säteilyannoksen. Liian suuri aktiivisuus havaittiin potilaiden luustokuvien perusteella. Keskimäärin luuston gammakuvauksesta potilaalle aiheutuva annos on 3,7 mSv. Potilaille aiheutui noin viisinkertainen annos tavanomaiseen verrattuna. STUK pyysi ilmoittamaan tapahtumasta myös Valviralle.

3 Luonnonsäteilylle altistavan toiminnan valvonta

3.1 Radon työpaikoilla

Vuoden 2010 aikana STUK sai ilmoituksen yhteensä 416:sta radonmittauksen tuloksesta, jotka koskivat joko työpisteessä mitattua radonpitoisuuden toimenpidearvon 400 Bq/m³ ylitystä tai olivat aiemmin todettuihin ylityksiin liittyviä lisäselvityksiä. Mittaustulosten perusteella yrityksiin lähetettiin yhteensä 139 pöytäkirjaa. Pöytäkirjoissa vaadittiin tehtäväksi radonkorjaus tai työnaikaisen radonpitoisuuden selvitys 122 työpisteessä ja mittaus toisena vuodenaikana vuosikeskiarvon määrittämiseksi 32 työpisteessä. Onnistuneita radonkorjauksia tehtiin vuoden aikana 26 työpisteessä. Lisäselvitysten (työnaikainen mittaus tai vuosikeskiarvon määrittäminen) perusteella STUK lopetti valvonnan 15 työpisteessä. Muun syyn (esimerkiksi lyhyen työajan tai tilojen käytöstä poiston) vuoksi valvonta lopetettiin yhteensä 177 työpisteessä. STUKin valvonnassa oli vuoden aikana 140 työpaikkaa ja näissä yhteensä 348 työpistettä.

Säännönmukainen radontarkastus tehtiin neljässä maanalaisessa kaivoksessa, joissa kaikissa radonpitoisuuden keskiarvo oli toimenpidearvoa pienempi.

Maanalaisia louhintatyömaita tarkastettiin 13 kappaletta. Neljälle työmaalle annettiin määräys radonaltistuksen rajoittamiseksi, ja kolmessa näistä radonpitoisuus saatiin korjauksin toimenpidearvoa pienemmäksi.

Työntekijöiden radonaltistusta seurattiin säännöllisten radonmittausten ja työaikaseurannan avulla kuudella tavanomaisella työpaikalla ja kahdella louhintatyömaalla, joissa radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon. Radonaltistuksen seurannassa oli vuoden 2010 aikana yhteensä 70 työntekijää.

Vuoden 2010 aikana ei tehty yhtään uutta radonmittalaitteen hyväksyntäpäätöstä. STUKin www-sivuilla on luettelo organisaatioista, joiden mittausmenetelmät on hyväksytty ohjeen ST 1.9 vaatimusten mukaisesti ja jotka ovat antaneet luvan julkaisua nimensä hyväksytyjen listalla. Hyväksynnän

edellytyksenä on, että mittalaite on asianmukaisesti kalibroitu.

STUK aloitti maanalaisten louhintatyömaiden säännölliset radontarkastukset vuonna 1992. Tällöin säteilylakiin ja asetukseen lisättiin mm. vaatimus säteilyaltistuksen selvittämisestä luonnonsäteilylle altistavassa työssä sekä velvollisuus ilmoittaa STUKille maanalaisesta louhintatyöstä, joka kestää yli kaksi kuukautta. Kuvassa 7 on esitetty louhintatyömaiden tarkastusten lukumäärät vuosina 1992–2010. Tarkastusten määrä kasvoi selvästi vuonna 2004. Tämä selittyy paitsi maanalaisten rakentamisen lisääntymisellä myös sillä, että kyseisenä vuonna STUK muistutti louhintaa tekeviä yrityksiä ilmoitusten tekemisestä. Joillakin louhintatyömailla on ollut myös tarpeen tehdä useita tarkastuksia toimenpidearvojen ylittymisen vuoksi.

STUK teki vuonna 2002 selvityksen kaivosmiehille radonista aiheutuneesta säteilyaltistuksesta Suomessa 1972–2001. Vuonna 2010 kyseistä selvitystä jatkettiin kattamaan myös vuodet 2002–2009. Vuosina 2008–2009 tehtyjen radonmittausten perusteella keskimääräinen radonpitoisuus maanalaisissa kaivoksissa oli 110 Bq/m³. Pitoisuus on pysynyt suunnilleen samalla tasolla viimeiset kymmenen vuotta. Kuvassa 8 on esitetty kaivosmiesten keskimääräiset vuosittaiset säteilyannokset suomalaisissa kaivoksissa vuosina 1972–2009.

3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily

STUK valvoo talousveden, rakennusmateriaalien ja muiden materiaalien sisältämistä luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvaa altistusta. Vuoden 2010 aikana laadittiin 11 tarkastuspöytäkirjaa, jotka koskivat rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta. Pöytäkirjoissa annettiin tarvittaessa rajoitukset materiaalien käytölle. Yhdelle vesilaitokselle annettiin määräys tarkempien mittausten tekemiseksi talousvedestä. Tulosten perusteella todettiin, etteivät radioaktiivisten aineiden pitoi-

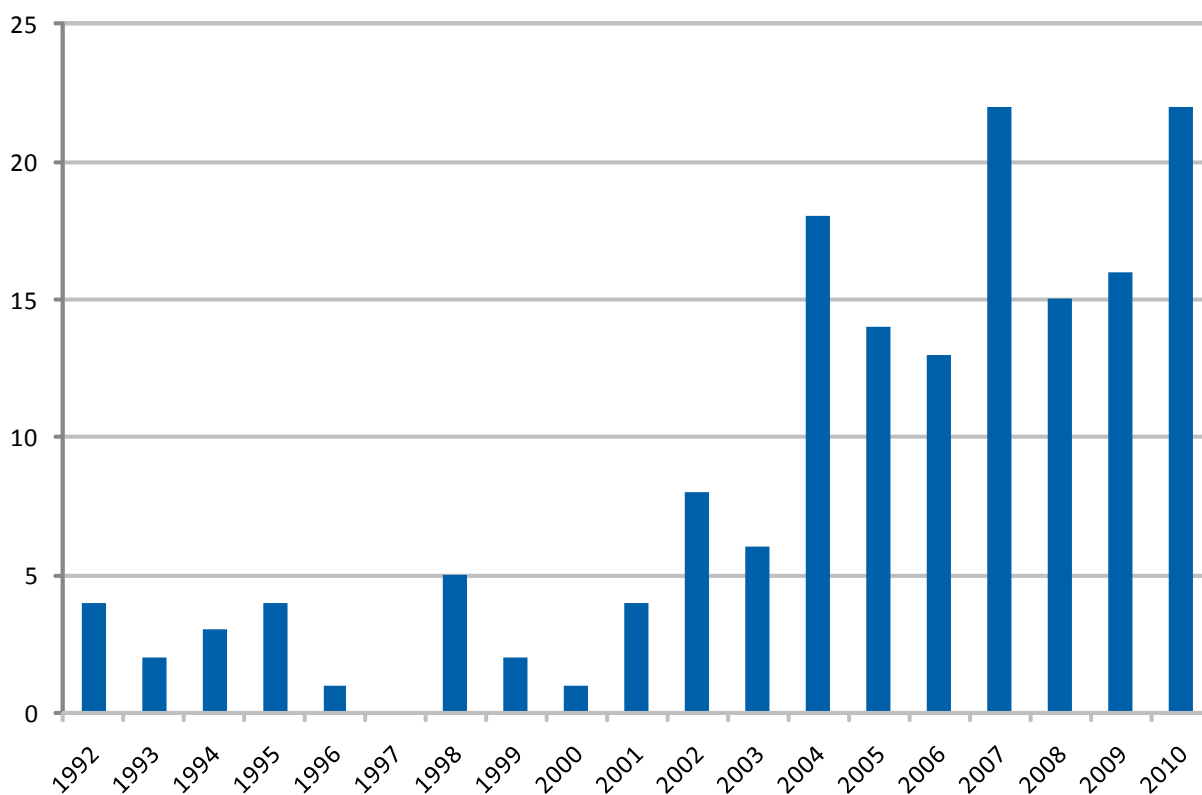
suudet vedessä ylittäneet enimmäisarvoja. Lisäksi annettiin lausunto luonnon radioaktiivisia aineita sisältävien materiaalien hävittämisestä.

3.3 Avaruussäteily

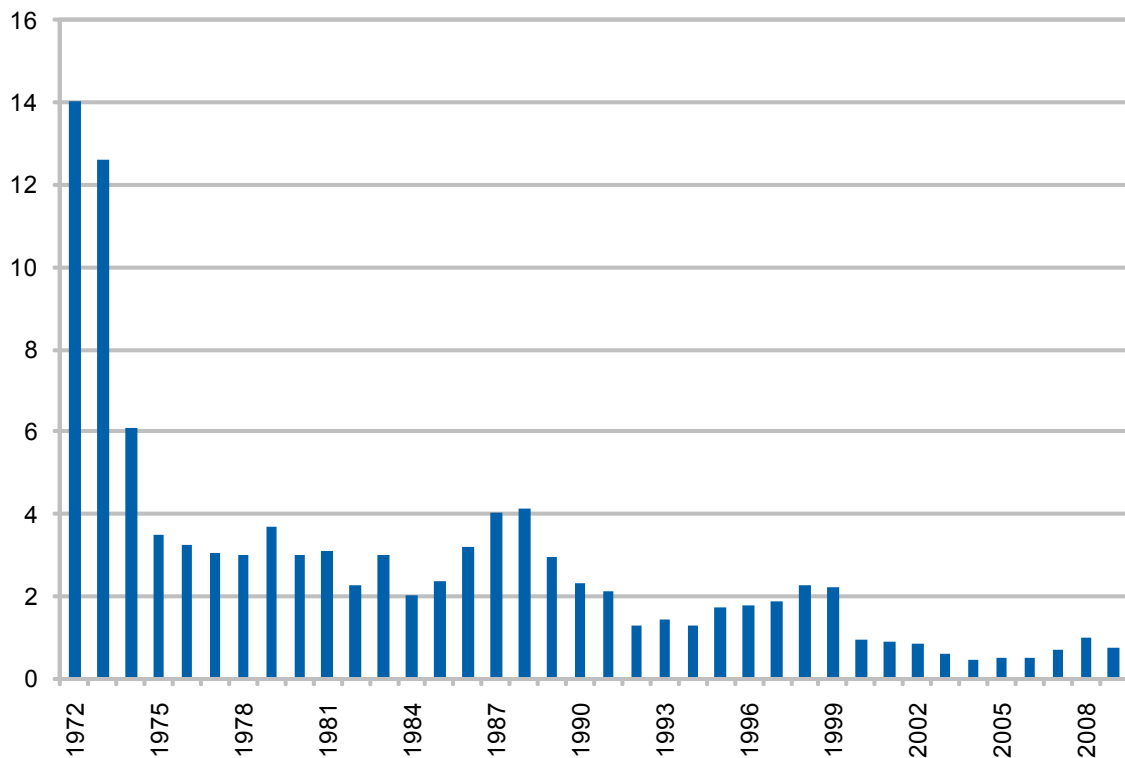
Vuodelta 2010 kirjattiin STUKin annosrekisteriin kuuden lentoyhtiön työntekijöiden annostiedot. Yhdenkään työntekijän vuotuinen annos ei ylittänyt ohjeessa ST 12.4 asetettua 6 mSv:n raja-arvoa. Suurin avaruussäteilystä aiheutunut henkilökohtainen vuosiannos lentäjällä oli 4,6 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvalla työntekijällä 5,3 mSv. Lentäjien vuosiannosten keskiarvo vuon-

na 2010 oli 2,2 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvien työntekijöiden 2,5 mSv. Keskimääräiset annokset vuosina 2006–2010 on esitetty kuvassa 9.

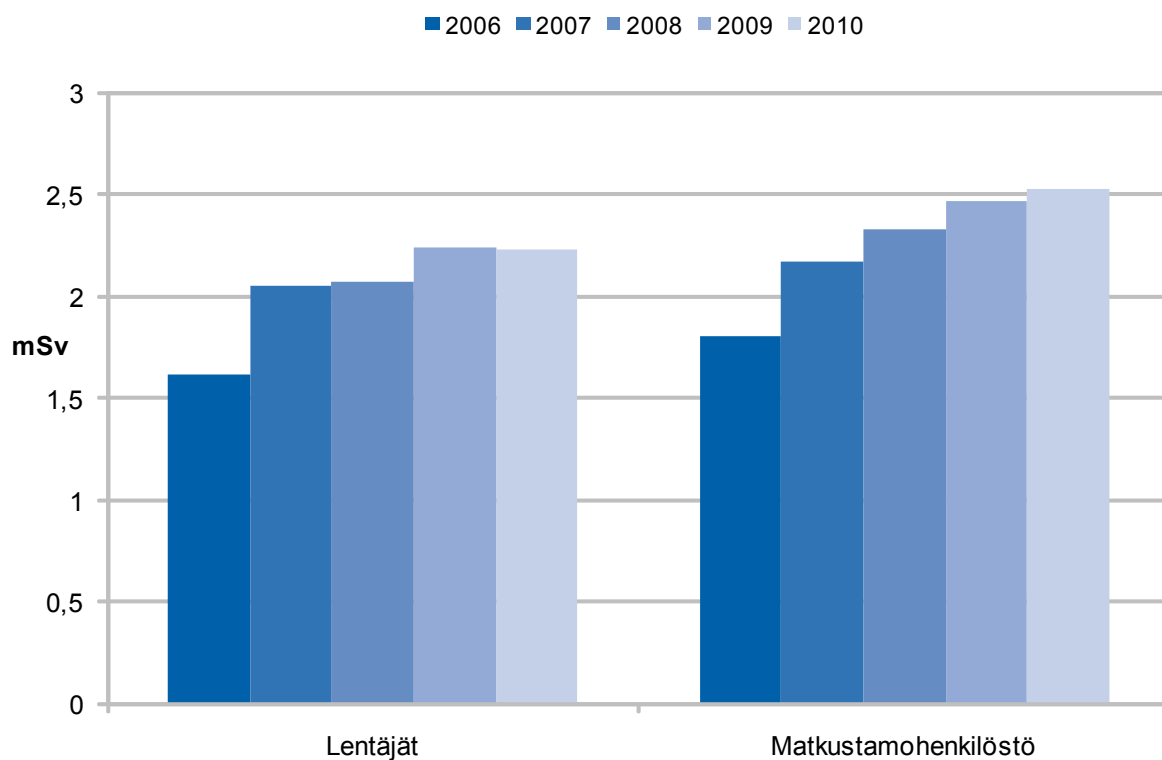
Lentohenkilöstöön kuuluvien työntekijöiden kokonaismäärä pieneni noin 6 % edellisestä vuodesta lentotuntien määrän pienentyessä vain hiukan. Kokonaisannos pieneni kuitenkin 5 % edelliseen vuoteen verrattuna. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olleiden työntekijöiden lukumäärät ja työntekijöiden kokonaisannos esitetään liitteen 1 taulukossa 16.



Kuva 7. Louhintatyömaille tehtyjen radontarkastusten lukumäärät vuosina 1992–2010.



Kuva 8. Kaivosmiesten keskimääräiset vuosittaiset säteilyannokset (mSv) suomalaisissa kaivoksissa vuosina 1972–2009.



Kuva 9. Lentohenkilöstön keskimääräiset annokset vuosina 2006–2010.

4 Ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta

4.1 Yleistä

Ionisoimattomalla säteilyllä tarkoitetaan ultra-violettisäteilyä, näkyvää valoa, infrapunasäteilyä, radiotaajuisia säteilyä sekä pientaajuisia ja staattisia sähkö- ja magneettikenttiä. STUK valvoo ionisoimatonta säteilyä aiheuttavien toimintoja (joskaan valvonta ei ole suoraan rinnastettavissa ionisoivan säteilyn käytön valvontaan):

- Keskeisin valvontakohde vuodesta 1995 lähtien ovat olleet solariumlaitteet ja niiden käyttöpaikat.
- Toinen tärkeä kohde ovat matkapuhelimet, joiden markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2003.
- Vaatimustenvastaisten ja silmävaarallisten osoitinlaserien käyttäminen häirintään on lisääntynyt. STUK alkoi vuonna 2009 sosiaali- ja terveysministeriön (STM) ja Tullin kanssa sovitun mukaisesti valvoa sellaisia laserlaitteita, jotka on tarkoitettu pääasiallisesti kuluttajakäyttöön. Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteiden käyttö on lisääntynyt kehittyneen laserteknologian (puolijohdelaserit) ja alentuneiden hintojen myötä.
- Yleisradio- ja tutka-asemia on tarkastettu muutamia vuosittain.

NIR-yksikön suoritteet ionisoimattoman säteilyn käytön valvonnassa vuosina 2000–2010 on esitetty liitteen 1 taulukossa 17. Viranomaistarkastuksiin verrattavissa olevat Tullin ja maahantuojien (myös yksityishenkilöt) lukuisat (noin sata) selvityspyynnot ja kyselyt laserlaitteiden maahantuonnista ovat lisänneet laservalvonnan tarvetta.

4.2 Optinen säteily

Solariumlaitteiden valvonta

Solariumien käyttöpaikoille tehtiin 16 tarkastusta (liite 1, taulukko 18) yhteensä 42 solariumlaitteelle. Tarkastetuista paikoista 8 toimi pelkkänä solariumpaikkana itsepalveluperiaatteella, 4 kun-

tosalina ja 4 parturi-kampaamona. Vain yksi käyttöpaikka selvisi ilman huomautuksia. Yksikään laitteista ei ylittänyt STM:n ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamista koskevassa asetuksessa (294/2002, jäljempänä STM:n asetus) säädettyä enimmäisarvoa 0,3 W/m². Asetuksen mukainen solariumin vuositista käyttöä rajoittava määräys (noin 20 käyttökertaa) samoin kuin asetuksen 18-vuoden ikärajasuositus puuttui 10 paikasta (60 %). Vaatimustenvastaisia, liian pitkän aloitusajan antavia ajastimia oli 6 laitteessa (14 %). Vastaavasti 17 laitteen (40 %) käyttöohjeessa suositeltiin liian pitkiä aloitusaikoja. Vaatimustenvastaisia kosmetiikkamainoksia oli 12 laitteen läheisyydessä (29 %).

STM:lle laadittiin säteilylain (592/1991) muuttamiseksi ehdotus, jossa solariumtoiminnan harjoittajia kielletään altistamasta alle 18-vuotiaasta henkilöä solariumien säteilylle. Säteilylain muutoksen seurauksena on muutettava myös STM:n asetusta.

Ministeriö laati ehdotuksen mukaisen lakiesityksen, joka lähti vuoden lopussa lausunnoille. Jos lakiesitys tulee voimaan, nykyisessä STM:n asetuksessa oleva suositus muuttuu kielloksi (11 §). Lisäksi lakiesityksessä vaaditaan, että solariumtoiminnan harjoittajan on valvottava asiakkaiden ikää ja että käyttöhenkilökunnan on opastettava asiakkaita solariumin käytössä. Käytännössä tämä merkitsee monien itsepalvelusolariumien toiminnan loppumista. Samalla solariumien valvontaa tehostetaan lisäämällä terveystarkastajien terveydensuojelulain (763/1994) perusteella tekemää solariumpaikkojen valvontaa.

Solariumien käytön kieltäminen alle 18-vuotiailta saa tukea Kansainvälisen syöväntutkimusjärjestön (IARC) kesällä 2009 tekemästä päätöksestä luokitella solariumien UV-säteily korkeimman eli 1A-luokan karsinogeeniksi. Viime vuosina on saatu viitteitä siitä, että erityisesti alle 18-vuo-

tiaat tytöt harrastavat aiempaa enemmän keinote-koista rusketusta. Valvomattomat, kolikoilla tai sirukorteilla toimivat solariumit ovat viime vuosina yleistyneet. Näissä paikoissa on mahdotonta valvoa käyttäjien ikärajaa ja antaa henkilökohtaista opastusta solariumin käytöstä.

Laserlaitteiden valvonta

Lasershowesityksiä tarkastettiin käyttöpaikalla yhteensä 8 kpl. Tarkastuksissa turvajärjestelyt ja lasersäteiden suuntaaminen olivat pääosin vaatimusten mukaisia. STUKin saaman palautteen mukaan kahdessa esityksessä oli toimittu vastoin tarkastuksessa annettuja määräyksiä suuntaamalla lasersäteitä osaan yleisöä. STUK sai lisäksi ilmoituksen viidestä luvottomasta laseresityksestä, joissa lasersäteitä oli kohdistettu yleisöön. Näistä esityksistä pyydettiin selvitys. Yhden esityksen pitäjän kohdalla jouduttiin selvityspyyntöä tehostamaan uhkasakon asettamisella.

STUK mittasi ja teki turvallisuusarvion Keskusrikospoliisin (KRP) pyynnöstä kahdelle laserosoittimelle, joilla oli aiheutettu silmävaaraa. Osoittimien tehot ylittivät noin 50-kertaisesti laserosoittimille sallitun 1 mW:n tehon. STUK mittasi myös Turvatekniikan keskukselle (Tukes) kaksi laserleluasetta, jotka olivat mukana Tukesin joululeluprojektissa. Näistä voimakkaampi ylitti 12-kertaisesti laserleluille sallitun 0,39 mW:n tehon. Tukes keräsi molemmat laserleluaset pois myynnistä.

Internet-kaupoissa myynnissä olleista laserosoittimista tehtiin 3 selvityspyyntöä, joiden perusteella myyjät poistivat vaatimustenvastaiset osoittimet myynnistä. Lisäksi Huuto.net-myyntipalstalle lähetettiin 31 myynti-ilmoituksen poistopyyntöä liian tehokkaiden laserosoittimien takia.

Tulli pyysi noin sata kertaa neuvoa Euroopan talousalueen ulkopuolelta tulevien laserien päästämistä maahan. Näistä valtaosa oli paristokäyttöisiä laserosoittimia. Lähes kaikkien laserosoittimien maahantuonti evättiin tyyppitarkastustodistusten puuttumisen tai liian suuren säteilytehon vuoksi. Suurimmat laserosoittimien tehot olivat 200 mW, kun kuluttajakäyttöön sallitaan vain 1 mW:n tehoiset osoittimet.

4.3 Sähkömagneettiset kentät

Langattomien päätelaitteiden markkina- valvonta

STUK käynnisti matkapuhelimien markkina-
valvonnan vuonna 2003. UMTS-puhelimien markkina-
valvonta aloitettiin vuonna 2007. Säteilytestauksia on tähän mennessä tehty yhteensä 110 matkapuhelimelle (liitteen 1 taulukko 19). Vuonna 2010 GSM- ja UMTS-tyyppisiä matkapuhelimia testattiin yhteensä 10 kpl. Suurin mitattu SAR-arvo oli 0,94 W/kg. Tämä arvo ei ylittänyt STM:n asetuksen enimmäisarvoa 2 W/kg.

Muu valvonta

Uutena viranomaisvalvonnan kohteena oli matkapuhelimen akun lataukseen suunnitellut alustat. Puhelin asetetaan alustalle, jolloin puhelimen akku latautuu alustan aiheuttaman pientaajuisen magneettikentän avulla langattomasti. Kahden latausalustan säteilyturvallisuus arvioitiin mitaamalla niiden aiheuttamat magneettikentät. Laitteiden aiheuttama altistuminen alittaa selvästi STM:n asetuksessa magneettikentälle asetetut enimmäisarvot.

4.4 Poikkeavat tapahtumat

Poikkeavasta tapahtumasta ilmoittaminen, jota säteilyasetuksen 17 § edellyttää (ks. kohta 2.9), koskee myös tapahtumia ionisoimattoman säteilyn käytössä. Vuonna 2010 STUKin tietoon tuli poliisin ja tiedotusvälineiden kautta 6 tapausta, joissa laserosoittimilla oli aiheutettu silmävaaraa. Yhdestä tapahtumasta (ks. alla) tehtiin erikseen turvallisuus selvitys KRP:n toimeksiannosta.

Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2000–2010 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

Tapahtuma 1

Ahvenanmaalla sattui tapaus, jossa miesjoukko osoitteli poliisiautoa vihreällä laserosoittimella, jonka tehoksi STUKissa mitattiin 57 mW. Yli 5 mW:n tehoisella laserilla verkkokalvovaurio voi syntyä silmänräpäyksessä. Lasersäde osui poliisien silmään, mutta tapahtumasta ei aiheutunut poliiseille pysyviä silmävammoja. Tapahtuman yhteydessä Ahvenanmaan poliisia informoitiin laserin vaarallisuudesta ja Suomessa voimassa olevista lasersäädöksistä.

5 Säännöstötyö

ST-ohjeet

Säteilylainsäädännön mukaisen turvallisuustason toteuttamista varten STUK julkaisee säteilyn käyttäjille ja luonnonsäteilylle altistavan toiminnan harjoittajille tarkoitettuja ST-ohjeita. Ohjeet käännetään myös ruotsiksi ja englanniksi.

Vuonna 2010 julkaistiin seuraava ohje:

- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus.

ST-ohjeiden kommentointiin otettiin STUKin www-sivuilla käyttöön extranet-palvelu, jolla ulkopuoliset kommentoijat voivat antaa ohjekommenttinsa STUKille. Myös kansalaiset voivat palvelun kautta nähdä valmisteilla olevat ST-ohjeet ja antaa niistä kommentteja.

Muu säännöstötyö

STUK osallistui VAK-lainsäädännön (VAK = vaarallisten aineiden kuljetus) uudistamiseen antamalla lausuntoja lakiehdotuksista. Lisäksi osallistuttiin liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) alaisen VAK-muutos 2011 –jaoston toimintaan.

STM:lle laadittiin säteilylain muutosesitys, jolla solariumit kiellettäisiin alle 18-vuotiailta nuorilta (ks. myös kohta 4.2).

6 Tutkimus

STUKin tutkimustoiminnan tavoitteena on tuottaa uutta tietoa säteilyn esiintymisestä ja sen haittavaikutuksista ja niiden torjumisesta sekä säteilylähteiden ja säteilynkäyttömenetelmien turvallisuudesta ja optimoidusta käytöstä. Tutkimus tukee säteilyn käytön viranomaistoimintaa ja onnettomuusvalmiuden ylläpitoa. Säteilyn käyttöön liittyvän tutkimuksen tavoitteena on parantaa tietämystä ja asiantuntemusta säteilyn käytössä ja varmistaa luotettava säteilyn mittaaminen.

6.1 Ionisoiva säteily

Ionisoivan säteilyn tutkimuksesta pääosa liittyy säteilyn lääketieteelliseen käyttöön ja painottuu potilaan säteilyturvallisuuteen. Tutkimustyölle on kasvava tarve tutkimus- ja hoitomenetelmien nopean kehityksen vuoksi. Tutkimus- ja kehitystyötä tehtiin seuraavassa esitetyissä projekteissa.

IAEA-dosimetriaohjeisto röntgendiagnostiikkaan

Vuonna 2006 käynnistetty IAEA:n tutkimushanke diagnostiikan dosimetriaohjeiston testauksesta saatettiin loppuun suunnitelmien mukaisesti. Hankkeen avulla Suomessa käytettäviä röntgendiagnostiikan potilasannosten määritysmenetelmiä on voitu arvioida helpommin ja parantaa annosmääritysten luotettavuutta. Hankkeeseen liittyvän julkaisun valmistelu on IAEA:n sisäisessä käsittelyssä.

Eurooppalainen metrologian tutkimusohjelma EMRP (European Metrology Research Programme)

Vuonna 2008 käynnistyneessä kahdessa metrologiaan liittyvässä yhteisrahoitteisessa eurooppalaisessa tutkimushankkeessa kehitettiin ja testattiin sädehoidon uusia valvontamenetelmiä, joilla parannetaan sisäisen sädehoidon tarkkuuden valvontaa ja ulkoisen sädehoidon valvontaa uusille hoitotekniikoille (esim. eturauhasen intensitetti-

muokattu sädehoito). Vaativaan pienten ja intensitettimuokattujen kenttien dosimetriaan STUKissa kehitettiin lantion alueen vesifantomi. Fantomissa käytetään GafChromic-filmidosimetriaa, johon STUK myös kehitti lukulaitteen. Mittaustietojen varmistamiseksi kehitettiin Monte Carlo –laskentaan perustuva menetelmä, jolla voidaan simuloida sädehoitokiihdyttimen tuottamaa annosjakaumaa. Simuloidut tiedot varmistavat mittausten menetelmän käyttökelpoisuuden. Projektin tuloksista raportointiin ESTRO:n (European Society for Therapeutic Radiology and Oncology) kokouksessa syyskuussa ja IAEA:n kansainvälisessä dosimetriakokouksessa marraskuussa. Molemmat EMRP-hankkeet jatkuvat vielä vuonna 2011.

6.2 Ionisoimaton säteily

Pääosa ionisoimattomaan säteilyyn liittyvästä tutkimus- ja kehitystyöstä tehtiin seuraavassa esitettyjen yhteisrahoitteisten (YHR) tutkimusprojektien puitteissa.

WIRECOM-projekti

WIRECOM-projektissa Turun Yliopisto (TY) ja Työterveyslaitos (TTL) altistavat koehenkilöitä matkapuhelimen säteilylle ja tutkivat altistuksen vaikutuksia erilaisin menetelmin (mm. PET-kuvaus, lämpötilan monitorointi ja veren virtauksen mittaaminen lähi-infrapunaspektroskopian avulla). Säteilytyslaitteisto koehenkilöaltistuksiin valmistettiin STUKissa ja sitä käytettiin kahdessa TY:n ja yhdessä TTL:n tutkimuksessa. Koehenkilöiden tarkka altistustaso näissä kolmessa tutkimuksessa määritettiin laskennallisesti FDTD-menetelmällä.

EMRP-NIR-projekti

EMRP-NIR-projektissa (ks. myös kohta 6.1) STUKin tehtävänä oli SAR-mittapäiden kalibrointimenetelmän kehittäminen alle 400 MHz:n taajuuksille ja raajavirtojen mittaustaitteiden kalibrointimenetelmän kehittäminen taajuuksille

10–50 MHz. Menetelmien toimivuus testattiin vertailumittauksilla englantilaisen projektiosapuolen NPL:n (National Physical Laboratory) kanssa.

STUKin SAR-TEM-kammio lähetettiin pinnoitettavaksi vuoden 2009 lopulla, koska kammion sisäpinnan eri metallien rajapinnat aiheuttivat NPL:n valmistamissa kudosekvivalenteissa nesteissä elektrolyysin, joka muutti nesteen väriä ja sähköisiä ominaisuuksia. Pinnoitus kesti oletettua kauemmin ja kammio tuli takaisin STUKiin vasta huhtikuun 2010 lopulla. Pinnoituksen jälkeen kammion saumat jouduttiin vielä tiivistämään. Uusintakalibroinnit taajuuksilla 30, 150 ja 300 MHz päästiin aloittamaan vasta loppukesällä 2010. Taajuudella 300 MHz kalibroinnin tulos poikkesi lähes 20 % vuonna 2009 saadusta tuloksesta, mihin vaikutti oleellisesti nesteen ominaisuuksien muuttuminen. Muilla taajuuksilla ei ollut merkittäviä eroja. Vertailussa mukana ollut NPL:n SAR-mittapää palautettiin NPL:ään lokakuussa. NPL ei ole ehtinyt tehdä omaa uusintakalibrointiaan, joten tekninen raportti ja tieteellinen artikkeli viimeistellään vuonna 2011.

STUKissa ja NPL:ssä kehitettyjä raajavirtamittauslaitteiden kalibrointilaitteistoja vertailtiin kalibroimalla STUKin raajavirtamuuntaja kummankin laitteistolla taajuuksilla 10–110 MHz. Vertailun perusteella laitteistoilla kalibroitujen virtojen erot olivat korkeintaan 3 % taajuuksilla 10–90 MHz.

Muu tutkimustoiminta

Ionisoimattoman säteilyn YHR-tutkimusprojektien lisäksi tutkimusta ja teknistä kehitystyötä suoritettiin osana NIR-yksikön perustoimintaa.

Ihmisen liikkuminen voimakkaassa staattisessa magneettikentässä magneettikuvauslaitteen läheisyydessä indusoi kehoon voimakkaan sisäisen sähkökentän, joka voi aiheuttaa mm. hui- mausta. Liikeinduktiokentän rajoittamista koske-

va tieteellinen artikkeli valmistui ja hyväksyttiin Health Physics -lehteen. Tutkimuksen pohjalta aloitettiin liikeinduktion rajoittamista koskevien, Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn toimikunnan (ICNIRP) ohjearvojen valmistelu.

Magneettikuvaustöiden turvallisuutta koskevan tutkimushakemuksen valmistelu Työsuojelurahastolle aloitettiin yhteistyössä TTL:n, Tampereen yliopistollisen sairaalan (TAYS) magneettikuvausyksikön ja Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valontaviraston (Valvira) kanssa. Tutkimuksessa on määrää

- testata kokeellisesti liikeinduktiokenttien uusia ohjearvoja sekä kehittää niiden kanssa yhteensopivia altistumismääritysmenetelmiä
- selvittää potilaan ja työntekijän altistuminen magneettikentille
- laatia yleiset turvallisuusohjeet magneettikuvaustyöskentelylle.

ICNIRP julkaisi uudet ohjearvot, jotka rajoittavat altistumista pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille. Suositukset koskevat muun muassa kodin sähkölaitteita ja -johtoja, voimalinjoja, muunta- moita, magneettikuvauslaitteita, tuotesuojaportteja sekä teollisuudessa induktiokuumentimia ja sähköhitsauslaitteita.

Opinnäytetyöt

Opinnäytetöiden tuloksia voidaan hyödyntää STUKin toiminnassa tai tulokset vaikuttavat säteilyturvallisuuden paranemiseen Suomessa.

Microwave Dosimetry in Biological Exposure Studies and in Practical Safety Evaluations

Tässä väitöskirjatyössä analysoitiin matkapuhelinten turvallisuuden tutkimuksessa käytettäviä altistusjärjestelyitä sekä altistumisen määrittämisessä käytettävien mittausmenetelmien luotettavuutta.

7 Kansainvälinen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa sekä turvallisuusohjeiden ja mittausmenetelmien kehittämistä ja säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kansainvälisissä järjestöissä, toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (IAEA, NACP, EURADOS, EURAMET, ESTRO, ESOREX, ICRU, NEA, AAPM, NOG, IEC, ISO, CEN, CENELEC, ICNIRP, EAN, EUTERP).

Osallistuminen kansainvälisten työryhmien kokouksiin

Vuonna 2010 STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kansainvälisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- Pohjoismaisten säteilyn käytön valvontaviranomaisten Röntgendiagnostiikan työryhmä
- ESOREXin (European Study on Occupational Radiation Exposure) kokous
- EURADOSin (European Radiation Dosimetry Group) kokous
- HERCAN (Hheads of European Radiation Authorities) työryhmät
- ICNIRPin pääkomitean kokoukset (3 kpl)
- Pohjoismainen UV- ja otsonityöryhmä (NOG)
- Pohjoismainen laser- ja valopulssilaitetyöryhmä
- CENELECin (European Committee for Electrotechnical Standardization) TC 106X-komitean kokous.

Osallistuminen muihin kansainvälisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuvat vuosittain useisiin säteilyturvallisuusalan kansainvälisiin kokouksiin, kongresseihin ja koulutustilaisuuksiin ja pitävät niissä esitelmää ja luentoja (järjestäjinä muun muassa IAEA, EANM, ESTRO, EURAMET,

CIPM, Euroopan yhteisöjen komissio).

Kansainvälinen säteilysuojelujärjestö (IRPA) piti 14.–18.6.2010 kokoukseen Helsingissä (Third European IRPA Congress). STO:n edustajat osallistuivat kokoukseen useiden sessioiden puheenjohtajina tai varapuheenjohtajina sekä pitivät kokouksessa esitelmää.

Muu kansainvälinen yhteistyö

STUK järjesti yhdessä Maailman terveysjärjestön (WHO) kanssa Specialist Workshopin ”Towards safer and more effective use of radiation in paediatric healthcare”.

Pohjoismaisten säteilyturvallisuusviranomaisten pääjohtajat (Tanskaa lukuun ottamatta) lähettivät Euroopan yhteisöjen komissiolle kirjeen, jossa he esittivät huolestumisensa paristokäyttöisten laserosoitimien laajalle levinneestä väärinkäytöstä. Pääjohtajat kehottivat komissiota laatimaan direktiivin, jossa kielletään yli 1 mW:n laserosoitimet yleisöltä sekä rajoitetaan laserosoitimien tuontia EU:n alueelle.

ICNIRPin pääkomitean kokouksissa valmisteltiin pientaajuisten sähkö- ja magneettikenttien uudet ohjearvot, jotka julkaistiin Health Physics -lehdessä. Yhdessä kokouksessa käsiteltiin alustavasti STUKissa laadittua luonnosta staattisessa magneettikentässä liikkuvaan ihmiseen indusoituvan sähkökentän rajoittamiseksi.

STM:n työsuojeluosastolle laadittiin yhteistyössä TTL:n kanssa ehdotus Suomen kannaksi sähkö- ja magneettikenttiä koskevan työsuojeludirektiivin korjattuun luonnokseen. Ehdotettiin, että kaikki pientaajuisia kenttiä koskevat raja-arvot asetetaan ICNIRPin uusien ohjearvojen mukaisiksi eikä niihin sekoiteta Saksan työsuojeluviranomaisen esittämiä raja-arvoja.

8 Kotimainen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa ja tutkimusta sekä säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kotimaisissa toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (mm. Metrologian neuvottelukunta, Sädeturvapäivätoimikunta, Eurolab-Finland, SESKO, STM:n asettama Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmä).

STUKin järjestämät kotimaiset kokoukset

Vuonna 2010 STUK järjesti seuraavat kokoukset:

- Sädeturvapäivät 28.–29.10.2010 Tampereella yhdessä Suomen Radiologiyhdistyksen kanssa,
- Säteilyn havaitsemista ja säteilyonnettomuuksiin varautumista koskeva neuvottelupäivä metallisektorin toimijoiden kanssa Helsingissä 2.12.2010,
- SESKO SK 106 -komitean (Altistuminen sähkömagneettisille kentille) kaksi kokousta,
- Sädehoitofysikoiden neuvottelupäivät Pirkkalassa 10.–11.6.2010.

Osallistuminen kotimaisten työryhmien kokouksiin

STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kotimaisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- SESKO SK 61 -komitea (Kotitaloussähkölaitteiden turvallisuus)
- SESKO SK 106 -komitea (Altistuminen sähkömagneettisille kentille)
- Kansallinen RAPEX-verkosto (Rapid alert system for non-food consumer products; Vakavaa vaaraa aiheuttavien kulutustavaroiden ilmoitusjärjestelmä EU:ssa).

Osallistuminen muihin kotimaisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuvat vuosittain useisiin säteilyturvallisuusalan kotimaisiin kokouksiin ja pitävät niissä esitelmää ja luentoja.

9 Viestintä

Vuoden aikana NIR-yksikköön tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta. Tiedotusvälineille annettiin useita haastatteluja. Lisäksi osallistuttiin SM-kentistä huolestuneiden kansalaisjärjestöjen kanssa keskustelutilaisuuksiin, joiden järjestäjinä olivat Hämeen kesäyliopisto, Aamulehti, Kone Oy:n säätiö ja STM.

Päivittäin tuli kansalaisilta kyselyjä internet-sivujen kautta ja puhelinsoittoja mitä erilaisimmista säteilyhuolista. Nämä yhteydenotot ionisoimattoman säteilyn turvallisuudesta hoidettiin palveluhenkisesti. Säteilyasiantuntijoihin kohdistuvaa asiakaskyselykuormaa saatiin vähenemään kehittämällä internet-sivuja erityisesti usein kysyttyjen kysymysten osalta ja siirtämällä osa palvelusta STUKin tiedottajille.

Jo kahdeksana vuotena peräkkäin STUK on ollut järjestämässä yhdessä Ilmatieteen laitoksen ja Syöpäjärjestöjen kanssa UV-tiedotustilaisuutta. Vuonna 2010 tilaisuudessa kuultiin, että suomalainen haluaa näyttää ruskettuneelta, avoimella paikalla vain puolet UV-säteilystä tulee auringosta, syöpävaarallinen solarium aiotaan kieltää nuorilta ja että ihosyöpä yleistyy edelleen.

Helsingin Sanomiin laadittiin vieraskynäartikkeli solariumien kieltämisestä alle 18-vuotiailta.

Lehdistötiedotteita laadittiin seuraavista aiheista:

- Lennot korkealla ja kauas kasvattavat lento-henkilöstön säteilyannosta
- Elinympäristömme merkittävimpien altisteiden joukossa myös radon ja UV-säteily
- Suomalainen haluaa näyttää ruskettuneelta
- Väitös: Puutteellisesti suunnitellut koejärjestelyt haittaavat mikroaaltosäteilyn riskien arviointia
- Laajan kansainvälisen matkapuhelintutkimuksen tulokset julkaistiin
- Matkapuhelimen käyttö ei näyttäisi suurentavan riskiä saada aivokasvain
- Lapsia röntgenkuvataan entistä harvemmin
- Työntekijä altistui säteilylle Kotkassa
- 70 000 suomalaista saa kutsun matkapuhelimen käytön terveysvaikutuksia selvittävään tutkimukseen
- Säteilysuojeluviranomaiset ehdottavat voimakaiden laserosoitimien kieltämistä
- Pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät saivat uudet suositukset.

10 Mittanormaalitytoiminta

10.1 Yleistä

STUK toimii säteilysuureiden kansallisena mittanormaalitylaboratoriona ja pitää yllä mittanormaaleja Suomessa tehtävien säteilymittausten tarkkuuden ja jäljitettävyyden varmistamiseksi. Omien mittanormaalitynsa kalibroinneista STUK huolehtii säännöllisin väliajoin Kansainvälisessä paino- ja mittatoimistossa (BIPM) tai muussa primäärilaboratoriossa. Säteilymetrologiaan liittyen STUK osallistuu Metrologian neuvottelukunnan toimintaan ja EURAMET-järjestön (European Association of National Metrology Institutes) toimintaan.

Mittanormaalitytoiminnasta vastaavat STO:n Dosimetrialaboratorio (DOS-laboratorio) ionisoivan säteilyn osalta ja NIR-yksikkö ionisoimattoman säteilyn osalta. Ionisoivan säteilyn aktiivisuussuureiden mittanormaalitytoiminnasta vastaa STUKin Tutkimus- ja ympäristövalvonta -osasto (TKO).

10.2 Ionisoiva säteily

Mittanormaalityn ylläpito sekä säteilytyslaitteiden ja mittausten menetelmien kehitystyö

DOS-laboratorioon hankittiin uusi ^{60}Co -laite. Laitteen asennus ja käyttöönottomittaukset aloitettiin. Samalla poistettiin laboratorion vastaavanlainen vanha laite.

Säteilysuojelun säteilymittarien kalibrointeja ja testauksia varten vuonna 2009 tilatuista kuudesta gammalähteestä otettiin käyttöön loput kaksi. Muut neljä otettiin käyttöön jo vuonna 2009.

Sädehoidon kiihdytinten elektronisäteilykeilojen annosmittareiden kalibroitimenetelmää muutettiin siten, että sairaaloissa tehtävistä mittari- kalibroinneista siirryttiin laboratoriossa tehtäviin kalibrointeihin.

Mittari- ja mittausten vertailut

Vuonna 2010 DOS-laboratorio osallistui IAEA/WHO:n ylläpitämään laboratorioverkostoon kuuluvien kalibroitilaboratorioiden kesken vuosittain järjestettävään absorboituneen annoksen TLD-mittausten vertailuun ^{60}Co -säteilyllä (sädehoidon annostarkkuus). Laboratorion tuloksen poikkeama oli -0,8 % IAEA:n vertailuarvosta. Tulos mahtuu hyvin IAEA:n hyväksyntärajoihin.

Vuosina 2005–2008 laboratorio osallistui EURAMETin järjestämään sädehoidon annosmittarien ^{60}Co -kalibroitivertailuun. Tämän vertailun tulokset julkaistiin vuonna 2010. Eri kammioityyppien kalibroitituloksista keskiarvona lasketut laboratorion kalibroititulosten poikkeamat vertailuarvoista olivat -0,2 % ilmakermalle ja -0,3 % veteen absorboituneelle annokselle.

Kuvassa 10 on esitetty STUKin mittaustulosten poikkeamat vertailuarvosta IAEA/WHO:n järjestämissä sädehoitotason mittausten vertailuissa vuosina 2000–2010.

Ulkoiset arvioinnit

DOS-laboratorion annossuureiden mittanormaalitytoimintaan kohdistui Mittatekniikan keskuksen ulkoinen laatuarviointi. Toiminnan laatu täyttää mittanormaalitytoiminnalle asetetut vaatimukset.

10.3 Ionisoimaton säteily

Mittanormaalityn ylläpito sekä säteilytyslaitteiden ja mittausten menetelmien kehitystyö

SAR-mittapäiden kalibroitien yhteydessä parannettiin lämpötilan mittausten käytettävyyttä. Lämpötilan mittauksen liittämistä DASY4-järjestelmään ei kannattanut tehdä, koska järjestelmä päätettiin päivittää lähitulevaisuudessa

uuteen DASY52-järjestelmään.

Tutkien pulssimaisen mikroaaltosäteilyn mittausten toiminnan tarkistamiseen käytetyn vanhan pulssitutkalähettimen tilalle asennettiin uudempi 9,4 GHz:n taajuudella toimiva pulssitutkalähetin. Lähettimen toiminta testattiin tarkistamalla Millog Oy:n käytössä olevan, STUKissa kehitetyn pulssitehotiheysmittarin toiminta radiolaboratorion heijastuksettomassa huoneessa. Laadittiin lähettimen käyttöohje.

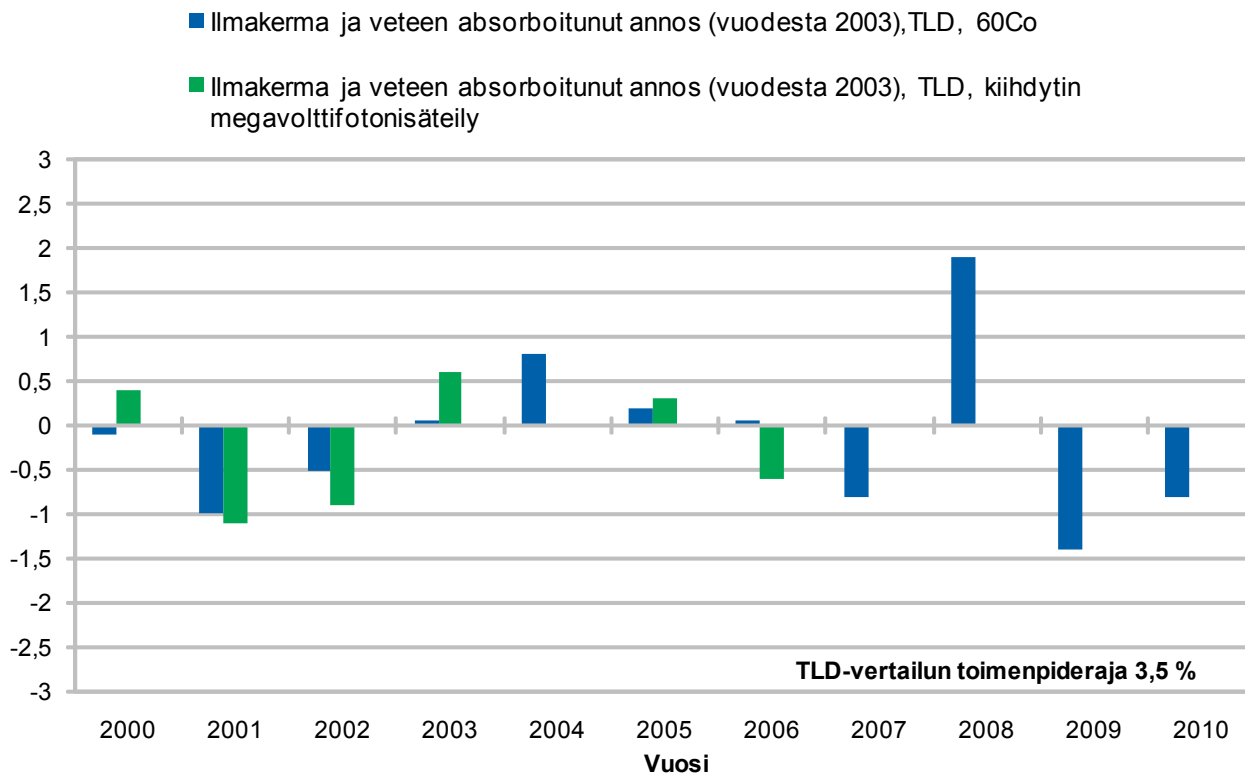
Mittari- ja mittausvertailut

STUK kalibroi Ilmatieteen laitoksen laajakais- taisia eryteemapainotettuja UV-radiometrejä (SL 501 -mittareita), joita käytetään auringon UV-säteilytasojen paikalliseen monitorointiin. Kalibroinnin jälkeen Jokioisten havainto- ja tutkimusasemalle sijoitettu mittari näytti 20 % alempia lukemia kuin asemalle kiinteästi asennettu Brewer -spektroradiometri. Eron syiden selvittäminen aloitettiin heti kesällä ja selvitystyö on edelleen kesken.

Matkapuhelimien SAR-testauksissa käytetty mittapää lähetettiin kalibroitavaksi sveitsi-

läiselle valmistajalle (SPEAG, Schmid & Partner Engineering AG) taajuuksilla 300, 450, 900, 1 810, 1 950 ja 2 450 MHz. Valmistajan suorittaman kalibroinnin jälkeen tehtiin vertailukalibrointi STUKin laitteistoilla taajuuksilla 300, 450 ja 2 450 MHz. Oma kalibrointi poikkesi enintään 30 % valmistajan kalibroinnista.

Vuonna 2008 suoritettun sähkökentän voimakkuuden mittausvertailuprojektin (EURAMET project 819: Comparison of electrical field strength measurements above 1 GHz) tulokset valmistuivat. Vertailussa pienikokoinen sähkökentän mittapää (dipoli, pituus 6,5 mm ja paksuus 1,2 mm) kalibroidiin ilmassa kymmenessä eri mittauslaboratoriossa taajuuksilla 1–2,5 GHz. STUKissa kalibroinnit tehtiin suorakulmaisissa aaltoputkissa. STUKin tulosten poikkeama laboratorioden keskiarvosta oli enintään 2 %, mikä on selvästi pienempi kuin arvioitu kalibroinnin epävarmuus 5,3 % ($k=2$) pienemmälle aaltoputkelle ja 4,7 % ($k=2$) suuremmalle aaltoputkelle. Muilla laboratorioilla oli huomattavasti suurempia yksittäisiä poikkeamia keskiarvosta.



Kuva 10. STUKin mittaustuloksen poikkeama (%) vertailuarvosta IAEA/WHO:n mittausvertailuissa vuosina 2000–2010.

11 Palvelut

11.1 Ionisoiva säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

DOS-laboratorio toteutti säteilymittarien kalibroinnit ja testaukset kysyntää vastaavasti. Säteilymittarien kalibrointi-, tarkastus- ja testaustodistuksia annettiin 98 kappaletta ja säteilytystodistuksia 17 kappaletta. Kalibroinneista noin 20 % ja säteilytyksistä noin 60 % tehtiin STUKin omille mittalaitteille ja näytteille.

Muut palvelut

STUK teki sopimuksen Euroopan yhteisöjen komission kanssa kaksivuotisen hankkeen Study on European Population Doses from Medical Exposure (Dose Datamed 2) koordinoimisesta. Projektissa kootaan Euroopan maista tiedot radiologisista tutkimuksista aiheutuneesta säteilyaltistuksesta ja arvioidaan ensimmäistä kertaa eurooppalainen väestöannos. Tiedot kerätään käyttäen hyväksi komission julkaisemaa RP 154 -ohjeistusta ja kokemusten perusteella tehdään suositukset ohjeistuksen kehittämiseksi. Tietojen keruuta varten perustetaan tietokanta, jota voidaan myöhemmin

päivittää uusilla tiedoilla. Tavoitteena on saada kustakin maasta vertailukelpoista tietoa eurooppalaisen annoksen arvioimiseksi ja näin lisätä kunkin maan tietoisuutta radiologisista tutkimuksista aiheutuneesta altistuksesta.

Röntgendiagnostiikan potilasannoslaskentaan suunniteltua PCXMC-tietokoneohjelmaa myytiin 45 kpl. Röntgenlaitteiden standardinmukaisuustestauksia ja selvityksiä tehtiin 3 kpl.

Koulutuspalveluina STUK järjesti vuonna 2010 seuraavan tilaisuuden:

- Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa -koulutuspäivät 25.–26.3.2010 Kuopiossa.

11.2 Ionisoimaton säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

NIR-yksikkö teki säteilymittarien kalibrointeja ja testauksia yhteensä 36 kpl sekä turvallisuusarviointeja ja säteilymittauksia yhteensä 13 kpl. NIR-yksikön palvelusuoritteet vuosilta 2001–2010 on esitetty liitteen 1 taulukossa 17.

LIITE 1

TAULUKOT

Taulukko 1. Säteilyn käytön turvallisuusluissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2010 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Tavanomainen hammasröntgentoiminta	1 789
Röntgentoiminta	316
Röntgentoiminta (eläinlääketiede)	226
Vaativa röntgentoiminta	97
C-kaaritoiminta	86
Suppea röntgentoiminta	84
Osastokuvaustoiminta	64
Seulontatoiminta	50
Avolähteiden käyttö	39
Umpilähteiden käyttö	26
Sädehoito	14

Taulukko 2. Säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2010 lopussa.

Laitteet/lähteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Röntgentutkimuslaitteet (generaattorit)*)	1 532
kiinteät tavanomaiset röntgenlaitteet	509
kuljetettavat läpivalaisulaitteet	217
kuljetettavat tavanomaiset röntgenlaitteet	215
mammografialaitteet, joista	163
• seulontamammografia	74
kiinteät läpivalaisulaitteet	127
• angiografia	55
• läpivalaisu	45
• kardioangiografia	27
TT-laitteet, joista	113
• SPET-TT	22
• PET-TT	7
hammasröntgenlaitteet (luvanvaraiset)	71
• KKTT-laite	33
• panoraamatomografiaröntgenlaitteet	23
• intraoraaliröntgenlaitteet	14
• kefalostaatti	1
luun mineraalipitoisuuden mittauslaitteet	71
muut laitteet	4
Hammasröntgenlaitteet (luvasta vapautetut)	5 556
tavanomaiset hammasröntgenlaitteet	4 877
panoraamaröntgenlaitteet	679
Sädehoidon laitteet	124
kiihdyttimet	40
röntgenkuvauslaitteet	22
jälkilataushoitolaitteet	6
manuaaliset jälkilatauslaitteet	5
röntgenhoitolaitteet	1
hoitolaitteen simulaattorit	19
umpilähteet (tarkistuslähteet)	30
BNCT-hoitoasema	1

Umpilähteet	204
kalibrointi- ja testauslaitteet	177
vaimennuskorjausyksiköt	17
gamma säteilyttimet	5
muut terveydenhuollon umpilähteet	5
Eläinlääketieteelliset röntgenlaitteet	284
tavanomainen röntgenlaite	239
hammaskuvaus	29
TT-laitteet, joista	5
• SPET-TT	2
• PET-TT	1
muut laitteet	11
Radionuklidilaboratoriot	50
B-typin laboratoriot	22
C-typin laboratoriot	28
*) Röntgentutkimuslaitteen muodostaa suurjännitegeneraattori, yksi tai useampi röntgenputki sekä yksi tai useampi tutkimusteline.	

Taulukko 3. Isotooppitutkimusten vertailutasot ja tutkimuksissa keskimäärin käytetty aktiivisuus vuonna 2009.

Tutkimus	Tutkimuksessa käytetty radioaktiivinen lääkeaine	STUKin antama vertailutaso tutkimukselle (MBq)	Tutkimuksissa keskimäärin käytetty aktiivisuus (vaihteluväli) (MBq)
Luuston kuvaus	^{99m} Tc-MDP	700	640 (500–800)
Tulehduspesäkkeen kuvaus	^{99m} Tc:lla leimatut leukosyytit	300	269 (200–600)
Keuhkoperfuusion kuvaus	^{99m} Tc-MAA	150	139 (50–185)
Keuhkoventilaation kuvaus	^{99m} Tc-aerosoli (Technegas)	40	33 (15–50)
Munuaiskuvaus	^{99m} Tc-MAG3	150	111 (70–150)
Munuaiskuvaus	^{99m} Tc-DTPA	300	299 (100–370)
Sydämen pumppaustoiminnan kuvaus (tasapainotila)	^{99m} Tc-RBC	750	746 (550–890)
Kilpirauhasmetastaasien kuvaus (ablaation jälkeen)	¹³¹ I-NaI	200	243 (74–370)
Lisäkilpirauhasen kuvaus	^{99m} Tc-MIBI	800	749 (710–800)
Kasvaimen kuvaus	¹⁸ F-FDG	370	360 (284–370)

Taulukko 4. Säteilytoimintojen lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2010 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Umpilähteiden käyttö	602
Röntgenlaitteiden käyttö	443
Radioaktiivisten aineiden tuonti, vienti tai kauppa	126
Asennus, koekäyttö ja huolto	123
Avolähteiden käyttö	122
Hiukkaskiihdyttimen käyttö	16

Taulukko 5. Säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2010 lopussa.

Laitteet/lähteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Radioaktiivista ainetta sisältävät laitteet	6 532
pintakytkimet	2 251
pinnankorkeusmittarit	1 140
tiheysmittarit	1 036
pintapainomittarit	659
kuljetinvälineet	599
kalibrointi-, testaus- tai opetuslaitteet tai -lähteet	209
kosteus- ja tiiveysmittarit	127
fluoresenssianalysaattorit	87
radiografialaitteet	24
muut laitteet	400
Röntgenlaitteet ja kiihdyttimet	1 453
läpivalaisulaitteet	515
radiografialaitteet	399
diffraktio- ja fluoresenssianalysaattorit	363
pintapainomittarit	46
hiukkaskiihdyttimet	22
muut röntgenlaitteet	108
Radionuklidilaboratoriot	165
A-typin laboratoriot	4
B-typin laboratoriot	30
C-typin laboratoriot	128
toiminta laboratorion ulkopuolella (merkkiainekokeet teollisuuslaitoksissa)	3

Taulukko 6. Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä umpilähteissä yleisimmin käytettävät radionuklidit ja niiden lukumäärät vuoden 2010 lopussa.

Radionuklidi	Säteilylähteitä (kpl)
Muut kuin korkea-aktiiviset umpilähteet	
Cs-137	4 599
Co-60	1 445
Kr-85	439
Am-241 (gammalähteet)	401
Pm-147	174
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	168
Fe-55	127
Ni-63	75
Ra-226	74
Sr-90	66
Korkea-aktiiviset umpilähteet	
Co-60	106
Cs-137	57
Ir-192	15
Am-241 (gammalähteet)	8
Sr-90	5
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	5

Taulukko 7. Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset vuonna 2010 (tarkastuksen tyyppin mukaan jaoteltuina).

Tarkastuksen tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)	
	Teollisuus, tutkimus ja opetus	Terveystenhuolto ja eläinlääketiede
Käyttöönottotarkastus	0	42
Määräaikaistarkastus	197	134
Uusintatarkastus	2	3
Muu tarkastus tai mittaus	4	2
Tarkastuksia yhteensä	203	181

Taulukko 8. Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset vuonna 2010 (toiminnan tyyppin mukaan jaoteltuina).

Toiminnan tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)
Säteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä*)	
röntgentoiminta	81
sädehoito	42
eläinröntgentoiminta	47
isotooppitoiminta	15
muu säteilyn käyttö	0
Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa*)	
teollisuus	140
tutkimus ja/tai opetus	48
radioaktiivisten aineiden kauppa	11
asennus ja/tai huoltotoiminta	10
muu säteilyn käyttö	14
Tarkastuksia yhteensä	408

*) Näiden tarkastusten yhteenlaskettu määrä on suurempi kuin taulukossa 7, koska joissakin tapauksissa yksi tarkastus on koskenut kahta toiminnan tyyppiä.

Taulukko 9. Umpilähteiden toimitukset Suomeen ja Suomesta vuonna 2010.

Radionuklidi	Toimitus Suomeen		Toimitus Suomesta	
	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)
Ir-192	869 057	20	1 174	18
Co-60	37 083	3	3	1
H-3	4 130	1 551	3 478	1 175
Se-75	2 220	2	< 1	1
Cs-137	1 865	41	8 944	13
Kr-85	1 593	103	1 003	68
Pm-147	500	10	114	23
Fe-55	258	54	122	26
I-125	108	*)	- **)	-
Ni-63	38	104	1	1
Gd-153	34	17	-	-
Sr-90	13	9	2	4
Am-241 (gamma- ja alfa-lähteet)	7	40	5	800
Co-57	7	31	< 1	2
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	4	3	-	-
muut yhteensä **)	4	21	1	195
Yhteensä	916 921	2 009	14 847	2 327

*) Pienten, sädehoidossa käytettävien I-125-lähteiden tarkka lukumäärä ei ole tiedossa.
 **) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei toimituksia Suomesta ole ollut.
 ***) Toimitus Suomeen, nuklidit: Cd-109, Eu-152, Ge-68, Po-210.
 Toimitus Suomesta, nuklidit: C-14, Cd-109, Cm-244, Eu-152.

Taulukko 10. Avolähteiden toimitukset Suomeen ja Suomesta vuonna 2010.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)	
	Toimitus Suomeen	Toimitus Suomesta
Mo-99	35 388	5 119
I-131	9 168	1 690
Tl-201	6 079	- *)
I-123	1 187	41
Lu-177	828	478
In-111	448	-
Sm-153	365	-
P-32	207	46
Y-90	77	-
H-3	51	1
I-125	42	4
S-35	19	-
Cr-51	5	-
Ge-68	3	-
F-18	-	2 794
muut yhteensä **)	6	< 1
Yhteensä	53 873	10 173

*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei toimituksia ollut Suomeen tai Suomesta.
 **) Toimitus Suomeen, mm. nuklidit: Ba-133, C-14, Ce-141, Co-57, Co-60, Eu-152, Fe-55, Ga-67, I-129, Na-22, Nb-95, P-33, Po-208, Rb-86, Re-186, Se-75, Sr-85, Sr-89.
 Toimitus Suomesta, nuklidit: C-14, I-129.

Taulukko 11. Radioaktiivisten aineiden (avolähteiden) valmistus Suomessa vuonna 2010.

Radionukliidi	Aktiivisuus (GBq)
F-18	140 808
O-15	22 200
C-11	10 559
Br-82	2 989
muut yhteensä ^{*)}	200
Yhteensä	176 756

^{*)} Mm. nuklidit: Au-198, Cu-64, La-140, Na-24, Pt-191.

Taulukko 12. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain vuosina 2006–2010.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä toimialoittain								
	Terveysthuolto		Eläinlääketiede	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Radioaktiivisten aineiden valmistus	Muut*)	Ydinenergian käyttö**)	Yhteensä***)
	Röntgensäteilylle altistuvat	Muillėsäteilyläh-teille altistuvat							
2006	4 779	936	363	1 281	948			3 862	12 039
2007	4 767	961	368	1 275	927			3 257	11 441
2008	4 872	984	392	1 293	884			3 444	11 550
2009	4 440	992	458	1 232	810	15	49	3 704	11 571
2010	4 467	989	491	1 192	817	21	73	4 151	12 062

^{*)} Sisältää toimialat: asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut.

^{**)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

^{***)} Tässä sarakkeessa tietyllä rivillä oleva luku ei välttämättä ole sama kuin saman rivin muissa sarakkeissa olevien lukujen summa, koska terveydenhuollossa on henkilöitä, jotka altistuvat sekä röntgensäteilylle että muille säteilylähteille ja teollisuudessa on henkilöitä, jotka työskentelevät myös ydinenergian käytön parissa.

Taulukko 13. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden kokonaisannokset (syväannosten summat) toimialoittain vuosina 2006–2010.

Vuosi	Kokonaisannos (Sv)								
	Terveysthuolto		Eläinlääketiede*)	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Radioaktiivisten aineiden valmistus	Muut**)	Ydinenergian käyttö****)	Yhteensä
	Röntgensäteilylle altistuvat*)	Muille säteilylähteille altistuvat							
2006	1,43	0,14	0,08	0,24	0,08			4,11	6,08
2007	1,37	0,15	0,11	0,26	0,08			2,16	4,13
2008	1,51	0,12	0,11	0,22	0,09			2,76	4,69
2009	1,27	0,09	0,08	0,15	0,06	0,01	0	2,37	4,04
2010	1,25	0,08	0,08	0,15	0,09	0,004	0	2,59	4,25

^{*)} Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

^{**)} Sisältää toimialat: asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut.

^{***)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

Taulukko 14. Eräiden työntekijäryhmien annostietoja (syväannokset) vuodelta 2010.

Työntekijäryhmä	Työntekijöiden lukumäärä	Kokonaisannos (Sv)	Annosten keskiarvo (mSv)		Suurin annos (mSv)
			Kirjauskynnyksen*) ylittäneet työntekijät	Kaikki annostarkkailussa olleet työntekijät	
Kardiologit ja toimenpidekardiologit**)	206	0,58	3,4	2,8	21,3
Radiologit**)	476	0,23	2,4	0,5	13,7
Toimenpideradiologit**)	41	0,22	6,2	5,3	25,5
Erikoislääkärit***) ****)	306	0,07	1,7	0,2	12,8
Sairaanhoitajat**)	1 199	0,05	0,4	0,0	3,5
Röntgenhoitajat (röntgensäteily)**)	1 897	0,04	0,4	0,0	3,1
Röntgenhoitajat (muu kuin röntgensäteily)	440	0,04	0,9	0,1	3,9
Eläintenhoitajat ja avustajat**)	268	0,05	1,2	0,2	9,9
Eläinlääkärit**)	137	0,02	1,1	0,1	6,1
Materiaalitarkastusten tekijät****)	460	0,1	0,9	0,2	55,7
Muu säteilytyö	557	0,05	1,9	0,1	22,2
Tutkijat	621	0,04	1,4	0,1	10,2
Merkkiainekokeiden tekijät	25	0,04	2,7	1,6	7,6
Ydinvoimalaitoksissa työskentelevät					
• mekaaniset työt ja konekunnossapitotyöt	945	0,71	1,2	0,8	12,7
• siivous	268	0,36	2,5	1,4	13,9
• eristetyöt	75	0,32	5,7	4,3	15,8
• materiaalitarkastus	245	0,30	1,7	1,2	15,3
• sähkö- ja automaatiotyöt	721	0,22	0,9	0,3	8,6
• säteilysuojelu	90	0,16	2,1	1,8	7,2
• telinetyöt ja haalaus	170	0,08	1,3	0,5	5,2

*) Kirjauskynnys on 0,1 mSv/kk tai 0,3 mSv/3 kk.

**) Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena ovat näiden työntekijäryhmien annokset. Terveystieteiden ja eläinlääkinnän säteilyn käytössä (röntgensäteily) työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia, ja annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

***) Sisältää mm. kirurgit, urologit, ortopedit, neuroradiologit ja gastroenterologit.

****) Muualla kuin ydinvoimalaitoksissa aiheutunut altistus.

Taulukko 15. Merkittävimmät radioaktiiviset pienjätteet kansallisessa varastossa (joulukuu 2010).

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq) tai massa
H-3	12 681
Cs-137	2 411
Kr-85	1 669
Am-241	1 664
Pu-238	1 559
Sr-90	235
Ra-226	232
Co-60	121
Cm-244	93
U-238	1 270 kg

Taulukko 16. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olevan lentohenkilöstön määrä ja kokonaisannos (efektiivisten annosten summa) vuosina 2006–2010.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä		Kokonaisannos (Sv)	
	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö
2006	1 072	2 412	1,73	4,35
2007	1 125	2 583	2,30	5,61
2008	1 206	2 562	2,45	5,93
2009	1 195	2 460	2,68	6,07
2010	1 147	2 281	2,56	5,75

Taulukko 17. NIR-yksikön suoritteet vuosina 2001–2010.

Vuosi	Viranomais-tarkastukset	Päätökset	Lausunnot	Kalibroinnit ja testaukset	Turvallisuus-arvioinnit ja säteilymittaukset	Yhteensä
2001	23	2	16	27	9	77
2002	36	1	4	31	13	85
2003	49	0	3	23	11	86
2004	55	3	1	30	12	101
2005	66	1	1	25	31	124
2006	48	1	7	17	7	80
2007	64	3	3	33	17	120
2008	67	5	6	46	24	148
2009	47 (108*)	2	9	31	12	101 (162*)
2010	55 (182**)	3	9	36	13	116 (243**)

*) Lukumäärä sisältää Tullin neuvonnan lasereiden maahantuonnissa (46 kpl) ja laserosoittimien poistopyynnot Huuto.net-myyntipalstalta (15 kpl).

**) Lukumäärä sisältää Tullin neuvonnan lasereiden maahantuonnissa (96 kpl) ja laserosoittimien poistopyynnot Huuto.net-myyntipalstalta (31 kpl).

Taulukko 18. Solariumien käyttöpaikkatarkastukset vuosina 2000–2010.

Vuosi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)
2000	14
2001	17
2002	36
2003	31
2004	30
2005	36
2006	25
2007	31
2008	26
2009	19
2010	16

Taulukko 19. Matkapuhelimien SAR-testaukset vuosina 2003–2010.

Vuosi	Testien lukumäärä (kpl)
2003	12
2004	18
2005	15
2006	15
2007	15
2008	10
2009	15
2010	10

Vuonna 2010 valmistuivat seuraavat julkaisut, joissa tekijänä tai tekijöinä oli STO:n tai NIRin työntekijöitä:

Kansainväliset julkaisut

Hirvonen-Kari M, Järvinen H, Kivisaari L. Clinical audits and regulatory inspections – double efforts and expenses for radiation protection. *Acta Radiologica* 2010; 6: 619–624. (doi: 10.3109/02841851003698214).

Korpela H, Bly R, Vassileva J, Ingilizova K, Stoyanova T, Kostadinova I, Slavchev A. Recently revised diagnostic reference levels in nuclear medicine in Bulgaria and in Finland. *Radiation Protection Dosimetry* 2010; 139 (1–3): 317–320. (doi: 10.1093/rpd/ncq009).

Kwon M-S, Jääskeläinen SK, Toivo T, Hämäläinen H. No effects of mobile phone electromagnetic field on auditory brainstem response. *Bioelectromagnetics* 2010; 31: 48–55.

Lehtinen M, Havukainen R. The national dose register in Finland. *Radiation Protection Dosimetry Advance Access* Nov. 9, 2010; 1–4. (doi: 10.1093/rpd/ncq361).

Merimaa K, Järvinen H, Kortensniemi M, Karppinen J. A direct method for air kerma-length product measurement in CT for verification of dose display calibrations. *Radiation Protection Dosimetry* 2010; 140 (3): 274–280. (doi:10.1093/rpd/ncq121).

Ranebo Y, Pöllänen R, Eriksson M, Siiskonen T, Niagolova. Characterization of radioactive particles using non-destructive alpha spectrometry. *Applied Radiation and Isotopes* 2010; 68 (9): 1754–1759. (doi:10.1016/j.apradiso.2010.02.014).

Siiskonen T, Tapiovaara M. Weighting of secondary radiations in organ dose calculations. *Radiation Protection Dosimetry* 2010; 141 (1): 18–26. (doi:10.1093/rpd/ncq149).

Vähävihi K, Ylianttila L, Kautiainen H, Lamberg-Allardt C, Hasan T, Tuohimaa P, Reunala T, Snellman

E. Narrowband ultraviolet B course improves vitamin D balance in women in winter. *British Journal of Dermatology* 2010; 162: 648–853.

Vähävihi K, Ylianttila L, Kautiainen H, Tuohimaa P, Reunala T, Snellman E. Spore film dosimeters are feasible for UV dose monitoring during heliotherapy. *Photochemistry and Photobiology* 2010; 86: 1174–1178.

Abstraktit

Aallos-Ståhl SM, Venelampi E, Annanmäki M, Oksanen E, Markkanen M. Radon in Finnish Mines 1972–2009. In: Books of Abstracts. 6th Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, 13–17 September 2010, Prague, Czech Republic. p. 97.

Bly R, Järvinen H, Korpela H. Good practice for QA of nuclear medicine equipment: National guidance in Finland. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 579–580.

Einarsson G, Bly R, Leitz W, Cederlund T, Olerud HM, Widmark A, Friberg E, Waltenburg HN, Järvinen H. Cooperation of the Nordic radiation protection authorities in the field of X-ray diagnostics. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 55.

Jokelainen I, Kosunen A. Comparison of calibration methods of plane parallel ionization chambers for electron beam dosimetry. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 271–272.

Jokelainen I, Sipilä P, Järvinen H. Detectors for brachytherapy dosimetry: Response as a function of photon energy. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on

- Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 331–332.
- Järvinen H. Clinical auditing and quality assurance. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 299.
- Järvinen H, Soimakallio S, Ahonen A, Ceder K, Lyyra-Laitinen T, Paunio M, Sinervo T, Wigren T. National coordination of Clinical Audits for medical radiological procedures. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 46.
- Koivunoro H, Siiskonen T, Kotiluoto P, Hippeläinen E, Auterinen I, Savolainen S. Comparison of MCNP5 electron transport with EGSnrc and PENELOPE: Energy-loss distribution and dose calculation in a small gas cavity. In: Proceedings of the 44th annual conference of the Finnish Physical Society, 11–13 March 2010, Jyväskylä, Finland. Research report No. 3/2010 of University of Jyväskylä. Jyväskylä: University of Jyväskylä; 2010.
- Korpela H. A survey on the use of radiopharmaceuticals in Finland in 2009. (Abstract.) 10th WFNMB (World Federation of Nuclear Medicine and Biology) Congress, 18–23 September 2010, Cape Town, South Africa. World Journal of Nuclear Medicine 2010; 9 (1): S175–S176.
- Koskelainen M. Comparison of current clearance standards and their brief history. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 273.
- Koskelainen M. Stakeholder involvement and engagement. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 303.
- Markkanen M. Natural radiation environment and NORM. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 299.
- Nekolla E, Aubert B, Biernaux M, Einarsson G, Frank A, Griebel J, Hart D, Järvinen H, Muru K, Olerud HM, Trueb P, Valero M, de Waard I, Waltenburg HN, Ziliukas J, Leitz W, Tenkanen-Rautakoski P, Friberg E, Aroua A. Collective doses from medical exposures: an inter-comparison of the “TOP 20” radiological examinations based on the EC guidelines RP No. 154. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 42.
- Niemelä J, Tenhunen M, Keyriläinen J. Isocentric electron treatments with shortened applicators. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. p. 447.
- Niemi A, Parviainen T. Radiographers’ safety culture in medical use of radiation. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 67.
- Parviainen T, Kosunen A, Huttunen K, Lehtinen M. Radiation exposure to personnel in cardiological interventional radiography. In: ECR’s electronic presentation online system. European Congress of Radiology, 4–8 March 2010, Vienna, Austria.
- Parviainen T, Kosunen A, Lehtinen M. Staff doses in cardiological interventional radiography. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 155.
- Parviainen T, Vinnurva-Jussila T, Niskanen K, Ojala P. Quality development and dose optimisation in native pediatric radiography in a maternity hospital. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 52.

- Parviainen T, Vinnurva-Jussila T, Niskanen K, Ojala P. Quality development of native pediatric radiography in a maternity hospital in Finland. In: ECR's electronic presentation online system. European Congress of Radiology, 4–8 March 2010, Vienna, Austria.
- Siiskonen T, Kettunen H, Peräjärvi K, Javanainen A, Rossi M, Trzaska W, Turunen J, Virtanen A. Stopping of 5–20 MeV protons in liquid water: Basic data for radiotherapy dosimetry. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 203–204.
- Siiskonen T, Peräjärvi K, Kettunen H, Trzaska WH, Javanainen A, Virtanen A, Sillanpää M, Smirnov S, Kozulin E, Tyurin G, Perkowski J, Andrzejewski J, Mutterer M. Basic data for radiotherapy: Stopping of protons in liquid water. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 97.
- Siiskonen T, Pöllänen R. New approach to spectrum analysis – Iterative Monte Carlo simulations and fitting. In: Abstract book of Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications and Monte Carlo 2010, 17–21 October 2010, Tokyo, Japan. p. 236.
- Sipilä P, Järvinen H, Kosunen A, Ojala J, Niemelä J. Multipurpose, semi-anatomical water phantom for TPS verification. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 459–460.
- Toroi P. Patient exposure monitoring and radiation qualities in digital x-ray imaging. Proceedings of the 44th annual conference of the Finnish physical society, 11–13 March 2010, Jyväskylä, Finland. Research report No. 2/2010 of University of Jyväskylä. Jyväskylä: University of Jyväskylä; 2010. p. 78.
- Toroi P, Kosunen A. Calibration of kerma-area product meters with a patient dose calibrator. In: Book of extended synopses. IAEA-CN-182. International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS), 9–12 November 2010, Vienna, Austria. pp. 167–168.
- Toroi P, Kosunen A, Tapiovaara M. Radiation qualities for patient dosimetry in x-ray imaging: from calibrations to clinical use. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 94.
- Varonen H, Kurtti J, Parviainen T, Halonen N, SR08S1 Radiography students, Grönroos E. e-Learning in DAP-measuring. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 130.
- Waltenburg HN, Cederlund T, Bly R, Friberg E, Järvinen H, Leitz W, Muru K, Widmark A, Ziliukas J. Diagnostic reference levels for diagnostic x-ray examinations in the Baltic and Nordic countries. In: Abstracts – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2010. p. 55.
- STUKin omat tutkimusjulkaisut**
- Toivonen T. Microwave Dosimetry in Biological Exposure Studies and in Practical Safety Irradiations. Doctoral Dissertation. STUK-A243. Helsinki: STUK; 2010.
- Valvontaraportit**
- Rantanen Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2009. STUK-B 116. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2010.
- Rantanen Erkki (ed.). Radiation practices. Annual report 2009. STUK-B 122. Helsinki: STUK; 2010.
- Tenkanen-Rautakoski Petra. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2008. STUK-B 121. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2010.

Viranomaisohjeet

Suomenkieliset

Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus. Ohje ST 12.2. Säteilyturvakeskus (17.12.2010).

Ruotsinkieliset

Strålsäkerhet på arbetsplatsen. Direktiv ST 1.6. Strålsäkerhetscentralen (10.12.2009).

Radioaktivitet i byggnadsmaterial och aska. Direktiv ST 12.2. Strålsäkerhetscentralen (17.12.2010).

Englanninkieliset käännökset

Operational Radiation Safety. Guide ST 1.6. STUK (10 Dec. 2009).

The Radioactivity of Building Materials and Ash. Guide ST 12.2. STUK (17 Dec. 2010).

Muut julkaisut

Pirinen M. Sädeannokset mammografiassa. Kirjassa: Luennot. XXXIV Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 28.–29.10.2010. Tampere: Lege Artis Oy; 2010. s. 95–96.

Tenkanen-Rautakoski P. Röntgentutkimusten määrät v. 2008. Kirjassa: Luennot. XXXIV Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 28.–29.10.2010. Tampere: Lege Artis Oy; 2010. s. 16–21.

Toroi P. Digitaalimammografian laadunvalvonta. Kirjassa: Luennot. XXXIV Sädeturvapäivät Tampere-talossa, Tampere 28.–29.10.2010. Tampere: Lege Artis Oy; 2010. s. 89–92.

Alara-lehti

Tenkanen-Rautakoski P. Terveysthuollon röntgentoiminnan valvonta muuttuu. Alara 2010; 3: 8–9.

Tenkanen-Rautakoski P. Yhä harvempi suomalainen röntgenkuvataan. Alara 2010; 3: 12–13.

Opinnäytteet

Toivonen T. Ks. STUKin omat tutkimusjulkaisut.

Tiedotteet ja esitteet

Isotooppitutkimuslaitteiden laadunvalvontaopas. STUK tiedottaa 1/2010. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2010.

LIITE 3**ST-OHJEET. TILANNE 31.12.2010****Yleiset ohjeet**

- ST 1.1 Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet, 23.5.2005
- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät, 16.5.2006
- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 16.4.2004
- ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudesta, 1.7.1999
- ST 1.6 Säteilyturvallisuus työpaikalla, 10.12.2009
- ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 17.2.2003
- ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyys ja pätevyyden edellyttämä säteilysuojelukoulutus, 16.4.2004
- ST 1.9 Säteilytoiminta ja säteilymittaukset, 17.3.2008

Sädehoito

- ST 2.1 Sädehoidon laadunvarmistus, 22.5.2003
- ST 2.2 Sädehoitolaitteiden ja -tilojen säteilyturvallisuus, 2.2.2001

Lääketieteellinen röntgentutkimus

- ST 3.1 Hammasröntgenlaitteiden käyttö ja valvonta, 27.5.1999
- ST 3.2 Mammografialaitteet ja niiden käyttö, 13.8.2001
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.3.2006
- ST 3.6 Röntgentilojen säteilyturvallisuus, 24.9.2001
- ST 3.7 Mammografiaan perustuva rintasyöpäseulonta, 28.3.2001

Teollisuus, tutkimus, opetus ja kaupallinen toiminta

- ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, 7.11.2007
- ST 5.2 Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö, 26.9.2008
- ST 5.3 Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemian opetuksessa, 4.5.2007
- ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa, 19.12.2008

- ST 5.6 Säteilyturvallisuus teollisuusradiografiassa, 17.2.1999
- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huoltotyö, 4.10.2007

Avolähteet ja radioaktiiviset jätteet

- ST 6.1 Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä, 17.3.2008
- ST 6.2 Radioaktiiviset jätteet ja päästöt, 1.7.1999
- ST 6.3 Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä, 18.3.2003

Säteilyannokset ja terveystarkkailu

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 2.8.2007
- ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 9.8.2007
- ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 23.9.2007
- ST 7.4 Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen, 9.9.2008
- ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 4.5.2007

Ionisoimaton säteily

- ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, 1.12.2003
- ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.4 Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 28.2.2007

Luonnonsäteily

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 6.4.2000
- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 17.12.2010
- ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993
- ST 12.4 Säteilyturvallisuus lentotoiminnassa, 20.6.2005

STUK-B sarjan julkaisuja

STUK-B 131 Rantanen E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2010.

STUK-B 130 Weltner A (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2010.

STUK-B 129 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2010.

STUK-B 128 Okko O (ed). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2010.

STUK-B 127 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2010.

STUK-B 126 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2010.

STUK-B 125 Weltner A (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 2/2010.

STUK-B 124 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2010.

STUK-B 123 Weltner A (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 1/2010.

STUK-B 122 Rantanen E (ed.) Radiation practices. Annual report 2009.

STUK-B 121 Tenkanen-Rautakoski P (toim.). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2008.

STUK-B 120 Finnish report on nuclear safety. Finnish 5th national report as referred to in Article 5 of the Convention on Nuclear Safety.

STUK-B 119 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2010.

STUK-B 118 Kainulainen E (ed.) Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2009.

STUK-B 117 Mustonen R (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2009. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2009. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2009.

STUK-B 116 Rantanen E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2009.

STUK-B 115 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2009.

STUK-B 114 Okko O (ed). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2009.

STUK-B 113 Weltner A (toim.). Säteilytilanteisiin ja poikkeaviin tapahtumiin varautuminen. Vuosiraportti 2009

STUK-B 112 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2009.

STUK-B 111 Safety assessment of Olkiluoto NPP units 1 and 2. Decision of the Radiation and Nuclear Safety Authority regarding the periodic safety review of the Olkiluoto NPP.

STUK-B 110 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2009.

STUK-B 109 Havukainen R, Bly R, Markkanen M. Säteilyturvallisuudesta vastaavan johtajan koulutus Suomessa vuonna 2008.

STUK-B-raportit STUKin verkkosivulla: www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/listaus/?sarja=STUK-B